

Direction des bibliothèques

AVIS

Ce document a été numérisé par la Division de la gestion des documents et des archives de l'Université de Montréal.

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

This document was digitized by the Records Management & Archives Division of Université de Montréal.

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal

Contribution de l'information de profondeur dans la perception de la forme visuelle

par

Ian Marleau

Département de psychologie
Faculté des arts et sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de M.Sc.
en psychologie (recherche)

Juillet, 2008

© Ian Marleau, 2008



Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Contribution de l'information de profondeur dans la perception de la forme visuelle

Présenté par :

Ian Marleau

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Frédéric Gosselin
Président-rapporteur

Martin Arguin
Directeur de recherche

Pierre Jolicoeur
Membre du jury

Résumé

La présente étude a comme objectif de déterminer si l'information de profondeur (monoculaire et binoculaire) contribue à la représentation visuelle des formes. Jusqu'à présent, les théories dominantes, soient celles structurale (Biederman, 1987; Marr, 1982; Pentland, 1989; Hoffman et Richards, 1984) et de l'image (Tarr et Bülthoff, 1995; Ullman, 1989; Tarr et Pinker, 1989), ne supposent aucune contribution de l'information de profondeur. Cependant, certaines études (Nicholson et Humphrey, 2001; Koenderink et al., 1996; Blais, Arguin et Marleau, soumis) ont démontré de manière indirecte que l'information de profondeur était impliquée dans la perception des formes. Une série d'expériences faisant appel à une tâche de reconnaissance dans le contexte d'un paradigme d'amorçage a démontré clairement que la présence d'information monoculaire de profondeur (ombrage et gradient de texture) sur les amorces permettait d'obtenir de plus grands effets d'amorçage que des amorces sans ces informations. Toutefois, les résultats concernant l'implication de l'information binoculaire de profondeur présentent certaines ambiguïtés. En effet, il semble que l'information stéréoscopique interfère avec les effets d'amorçage.

Mots-clés : perception de la forme, information de profondeur, stéréoscopie, ombrage, gradient de texture, amorçage, reconnaissance d'objets

Abstract

The purpose of the present study was to determine if depth information (monocular and binocular) contribute to visual shape representation. Up to now, the predominant theories, such as structural description (Biederman, 1987; Marr, 1982; Pentland, 1989; Hoffman & Richards, 1984) and image-based (Tarr & Bülthoff, 1995; Ullman, 1989; Tarr & Pinker, 1989), assume no contribution of depth cues. However, some studies (Nicholson & Humphrey, 2001; Koenderink & al., 1996; Blais, Arguin & Marleau, submitted) have shown indirectly that depth information does indeed play a role in shape perception. A series of experiments using a recognition task in the context of a priming paradigm, demonstrates clearly that the presence of monocular depth cues (shading and texture gradient) on the primes lead to stronger priming effects than primes without those cues. However, the results obtained with the depth cue of binocular disparity are relatively ambiguous. Thus it appears that the presence of stereoscopic information may interfere with priming effects.

Keywords: Shape perception, depth cues, stereoscopy, shading, texture gradient, priming, object recognition

Table des matières

Introduction	p.1
Théorie de la description structurale	p.2
Théorie basée sur l'image	p.3
Théorie basée sur les surfaces	p.4
Problématique	p.5
Expérience 1	p.10
<i>Participants</i>	p.13
<i>Matériel</i>	p.13
<i>Stimuli</i>	p.13
<i>Procédure</i>	p.16
<i>Résultats</i>	p.19
<i>Discussion</i>	p.22
Expérience 2	p.25
<i>Participants</i>	p.25
<i>Matériel</i>	p.25
<i>Stimuli</i>	p.25
<i>Procédure</i>	p.27
<i>Résultats</i>	p.27
<i>Discussion</i>	p.31
Expérience 3	p.33
<i>Participants</i>	p.34
<i>Matériel</i>	p.35
<i>Stimuli</i>	p.35
<i>Procédure</i>	p.35
<i>Résultats</i>	p.36
<i>Discussion</i>	p.41
Expérience 4	p.43
<i>Participants</i>	p.45
<i>Matériel</i>	p.45
<i>Stimuli</i>	p.45
<i>Procédure</i>	p.46
<i>Résultats</i>	p.47
<i>Discussion</i>	p.50
Discussion générale	p.51
Observations principales et interprétations	p.52
Asymétrie des effets d'amorçage facilitateurs et inhibiteurs	p.55
Cibles familières et non familières	p.56
Informations de profondeur et perception de la forme	p.58
Conclusion	p.62
Références	p.63

Liste des figures

Figure 1. Ensemble des amorces 2D utilisé dans les expériences 1, 2 et 3.

Figure 2. Ensemble des amorces 3D utilisé dans les expériences 1, 2 et 3.

Figure 3. Ensemble des objets à ne pas mémoriser de la phase d'apprentissage (phase 1).

Figure 4. Ensemble des objets familiers (utilisé dans les deux phases des expériences).

Figure 5. Ensemble des objets non mémorisés (non familiers) de la phase expérimentale.

Figure 6. Amorces neutres utilisées dans les expériences 1, 2 et 3.

Figure 7. Exemple de la séquence d'un essai avec amorce pareille de type 2D pour l'expérience 1 (en haut) et de la séquence d'un essai avec amorce différente de type 3D pour l'expérience 2 (en bas).

Figure 8. Temps de réponse (TR) moyens pour chaque condition expérimentale de l'expérience 1.

Figure 9. Taux d'erreurs moyen (en %) par condition pour l'expérience 1.

Figure 10. Ensemble des amorces 3D stéréoscopiques utilisé dans les expériences 2 et 3.

Figure 11. TR moyens pour chaque condition expérimentale de l'expérience 2.

Figure 12. Taux d'erreurs moyen (en %) par condition pour l'expérience 2.

Figure 13. TR moyens pour chaque condition expérimentale de l'expérience 3.

Figure 14. Taux d'erreurs moyen (en %) par condition pour l'expérience 3.

Figure 15. Exemples de cible et d'amorces avec ajout de stéréoscopie donnant uniquement l'impression d'une surface plane flottant devant l'écran.

Figure 16. TR moyens pour chaque condition expérimentale de l'expérience 4.

Figure 17. Taux d'erreurs moyen (en %) par condition pour l'expérience 4.

Liste des abréviations

ANOVA : Analyse de variance

ERP : Potentiels évoqués ('Event-related potentials')

Exp. : Expérience

TR : Temps de réponse

Introduction

Une question fondamentale et d'actualité depuis qu'on s'intéresse à la perception de la forme chez l'humain concerne le code sous lequel il se représente visuellement les objets. L'importance de la problématique ainsi que sa complexité sont en lien étroit avec le phénomène de la constance de la forme, qui implique une capacité à reconnaître les objets peu importe le point de vue sous lequel ils sont observés. À cet égard, le problème théorique tient au fait que la projection rétinienne (2D) des objets (3D) est altérée lors d'un changement de point de vue (Tarr, Williams, Hayward et Gauthier, 1998). Plusieurs chercheurs ont développé des théories cherchant à expliquer comment l'humain arrive à se représenter visuellement les objets d'une manière qui en permette la reconnaissance peu importe le point de vue (Biederman, 1987; Marr et Nishihara, 1978; Tarr et Bülthoff, 1998; Poggio et Edelman, 1990; Edelman et Weinshall, 1991; Lee et Park, 2002; Leek, Reppa et Arguin, 2005). Néanmoins, cette question demeure irrésolue bien que beaucoup d'efforts aient été investis pour y répondre. S'inscrivant dans cette problématique générale, la question à laquelle le présent mémoire cherche à répondre est : la représentation visuelle de la forme des objets implique-t-elle une utilisation explicite de l'information de profondeur? Il est primordial d'élucider cette question puisque certaines théories postulent de façon implicite son utilisation tandis que d'autres supposent plutôt l'utilisation exclusive d'une projection bidimensionnelle de l'objet tridimensionnel. Une description de la position des principales théories face à cette question permettra de souligner sa pertinence.

Théorie de la description structurale :

La version présentement la plus en vogue de cette approche est celle préconisée par Biederman (1987), bien que plusieurs autres théories présentent des caractéristiques similaires (Marr, 1982; Pentland, 1989; Hoffman et Richards, 1984). Celle-ci soutient que la représentation visuelle des objets repose sur la perception de leurs composantes volumétriques (i.e. parties) et de leurs relations spatiales. Les composantes admises par la théorie (nommées géons) sont définies selon cinq dimensions, qui consistent en des propriétés dites « non-accidentelles »; c'est-à-dire, qu'elles signalent certaines caractéristiques de la forme d'une manière invariante au point de vue, sauf dans certains cas exceptionnels appelés points de vue accidentels. Biederman (1987) propose que l'observateur encode les contours présents dans l'image bidimensionnelle de l'objet, qui servent en premier lieu à le segmenter en ses composantes. Les propriétés non-accidentelles caractérisant les contours de ces composantes sont ensuite traitées de telle sorte que chaque composante est assimilée à l'un des 36 géons supposés disponibles par la théorie. Ainsi, l'humain arrive à se représenter visuellement l'objet de façon tridimensionnelle et à en mémoriser la structure, sans toutefois faire un usage explicite de l'information de profondeur. Un des appuis à l'hypothèse d'une représentation tridimensionnelle est l'invariance au point de vue dans la reconnaissance d'objets. Biederman et Gerhardstein (1993) ont examiné l'effet de la rotation en profondeur sur la reconnaissance des objets à l'aide de différentes tâches d'identification utilisant le paradigme d'amorçage. En mesurant les temps de réponse et les pourcentages d'erreurs, ils ont démontré qu'aucun coût de changement d'orientation de l'objet n'était retrouvé lorsque les propriétés non accidentelles n'étaient pas cachées par une autre composante

de l'objet (auto-occlusion) et que la segmentation en géons était facile. Ainsi, l'absence d'un coût de rotation suppose que les objets sont représentés selon une structure tridimensionnelle unique.

Théorie basée sur l'image :

L'invariance au point de vue rapportée par Biederman et Gerhardstein (1993) est controversée et contestée par plusieurs autres chercheurs (Tarr, Williams, Hayward et Gauthier, 1998; Edelman et al., 1989) qui ont rapporté des effets de rotation indiquant des représentations liées au point de vue. Ces derniers prônent plutôt une théorie basée sur l'image pour expliquer la représentation visuelle des objets. Une des spécificités de cette théorie est que l'on suppose une représentation qui colle étroitement aux propriétés de l'image rétinienne. À travers l'expérience, l'observateur encoderait une projection bidimensionnelle de chacun des points de vue de l'objet tridimensionnel auquel il est exposé, sans appliquer aucun traitement visant à reconstruire explicitement les traits constituant de la forme tridimensionnelle de l'objet (Ex. : orientation, propriétés non-accidentelles des bords). Les propriétés nécessaires pour la représentation visuelle de l'objet seraient dépendantes du point de vue et, par le fait même, de multiples points de vue doivent être encodés afin de maintenir la constance de l'objet (Edelman et Weinshall, 1991). De plus, la reconnaissance de points de vue nouveaux ou non familiers entraînerait des coûts de rotation puisqu'elle se ferait à l'aide de différents processus [par exemple, la normalisation (Tarr et Bülthoff, 1995; Ullman, 1989; Tarr et Pinker, 1989) ou l'interpolation (Poggio et Edelman, 1990)] permettant l'appariement à la représentation familière la plus ressemblante. De façon claire et explicite, cette

théorie suppose que la perception de la forme ignore entièrement l'information de profondeur.

Théorie basée sur les surfaces :

Une autre théorie est celle proposant une représentation de la forme qui repose sur les surfaces visibles – i.e. polygones fermés par des contours – des objets (Lee et Park, 2002; Leek, Reppa et Arguin, 2005). Celle-ci implique, en premier lieu, que l'observateur détecte les contours de l'objet. Ces derniers sont ensuite utilisés pour construire une représentation des surfaces visibles, qui constitue le code de haut niveau à partir duquel l'objet est représenté. Dans le contexte d'une tâche d'appariement partie-objet complet (« whole-part matching »), Leek, Reppa et Arguin (2005) rapportent des performances équivalentes si les parties sont constituées d'une collection de surfaces appartenant à des composantes distinctes que si les parties constituent une composante au sens de la théorie de Biederman (i.e. un géon). Par contre, les performances sont nettement dégradées si les parties présentées sont constituées d'une collection de contours ne formant aucune surface fermée. Ces résultats suggèrent l'utilisation de polygones bidimensionnels fermés comme unité de base de la représentation de la forme. De plus, une étude récente réalisée par Leek, Reppa, Rodriguez et Arguin (sous presse) rapporte des résultats appuyant la théorie basée sur les surfaces tout en contredisant celle de description structurale. Plus précisément, l'étude faisait appel à une tâche de reconnaissance utilisant le paradigme d'amorçage et les amorces représentaient soit des surfaces visibles de la cible ou des composantes volumétriques (« géons ») comportant des surfaces qui, sur l'objet complet, sont invisibles pour cause

d'auto-occlusion. Les résultats indiquent un effet d'amorçage significativement plus grand pour les amorces représentant les surfaces visibles de la cible, suggérant ainsi une absence d'amorçage pour les surfaces des amorces qui sont cachées par auto-occlusion. Ces résultats sont donc incompatibles avec ce qui est prédit par la majorité des théories structurales. Finalement, la théorie basée sur les surfaces demeure neutre quant à l'aspect bidimensionnel ou tridimensionnel de la représentation des surfaces constituant d'un objet, celle-ci pouvant accommoder l'une ou l'autre de ces possibilités.

Problématique

Présentement, au meilleur de notre connaissance, les données empiriques relatives à la question de l'utilisation ou non de l'information de profondeur dans l'encodage de la forme visuelle sont très limitées. Cette précision apparaît cependant cruciale et possiblement décisive sur le plan théorique. Ainsi, selon la théorie basée sur l'image, il est évident qu'aucune information de profondeur ne contribue à la représentation de la forme. Selon la théorie structurale de Biederman, la représentation d'objets repose sur un code tridimensionnel mais celui-ci est inféré à partir des contours bidimensionnels, n'impliquant ainsi aucun usage de l'information de profondeur. S'il advenait que l'expérimentation révèle que l'information de profondeur est effectivement utilisée par le système visuel humain pour l'encodage de la forme, ces deux théories s'en trouveraient donc falsifiées, du moins dans leur forme actuelle. Quant à la théorie basée sur les surfaces, ce code de haut niveau peut ou non impliquer une représentation

tridimensionnelle, mais la réponse à cette question sera importante pour ses développements futurs.

De manière indirecte, une étude de Nicholson et Humphrey (2001) suggère que l'information de profondeur peut contribuer à la représentation de la forme. Ceux-ci ont étudié la reconnaissance de formes ayant ou non subi une rotation en profondeur en fonction de la richesse de l'information de surface disponible (contours seulement, niveaux de gris, couleur et texture), qui peut affecter notre capacité à encoder l'orientation en profondeur des surfaces de l'objet. Leurs résultats indiquent un effet de rotation en profondeur qui est réduit lorsque l'information de surface est riche (i.e. couleur et texture) relativement aux conditions où cette information est appauvrie (i.e. contours seulement ou niveaux de gris). Cette observation est contraire à la prédiction de Biederman (1987) à l'effet que seuls les contours sont importants pour la perception de la forme et que les autres informations de surface peuvent être nuisibles dans la mesure où elles peuvent interférer avec la détection des contours. De manière indirecte, étant donné le rôle de l'information de surface dans l'inférence de la profondeur, les résultats de Nicholson et Humphrey (2001) suggèrent donc une contribution possible de la perception de la profondeur dans l'encodage de la forme visuelle.

De plus, une étude de Koenderink et al. (1996) démontre le rôle de l'ombrage dans la perception de l'orientation en profondeur d'un objet. L'étude fait appel à une tâche permettant de déterminer le relief pictural d'une forme familière (méthode décrite dans Koenderink et van Doorn, 1995 et Koenderink et al., 1992). Quatre conditions d'illumination d'une même scène (photo d'un mannequin de vitrine) ont été utilisées;

soit avec des sources lumineuses provenant diagonalement d'en haut à gauche, d'en haut à droite, d'en bas à gauche et d'en bas à droite, résultant ainsi en une manipulation paramétrique de l'ombrage. En comparant les reliefs perçus dans chaque condition, les auteurs ont remarqué un petit effet de l'ombrage qui était systématique et hautement significatif. Ainsi, les participants interprétaient (inconsciemment) les portions plus claires de l'image comme étant plus près. L'effet obtenu est robuste et peut être démontré par l'utilisation d'une variété de techniques d'analyse. L'ombrage s'avèrerait donc un bon indice de profondeur, mais il reste que l'étude a déterminé son effet de façon indirecte. Soulignons que cette étude faisait suite à une autre étude de Koenderink et al. (1996), où les auteurs avaient observé que l'ombrage permettait la perception que de quelques détails locaux (i.e. courbure du corps et contre rotation des épaules et de la ceinture pelvienne) de plus qu'une condition avec contour uniquement. Ces résultats suggèrent donc que l'ombrage est un indice sans importance. Il semble toutefois que ces résultats puissent être un artéfact de la méthode utilisée pour créer les scènes géométriques. En effet, la procédure employée par Koenderink et al. (1996) pour altérer l'ombrage était radicale et entraînait une élimination complète d'indices de profondeur de même que la disparition de certains contours. Dans le présent mémoire, des précautions seront prises afin de s'assurer que la manipulation d'indices de profondeur n'affectera spécifiquement que l'information ciblée.

Une autre étude réalisée par Blais, Arguin et Marleau (soumis), a utilisé une série de tâches de recherche visuelle afin de déterminer le type de code utilisé pour la représentation visuelle des formes. Les résultats obtenus étaient différents selon que les formes 3D étaient riches ou non en information de profondeur. En effet, dans l'une de

leurs expériences, les chercheurs se sont intéressés à l'impact de la rotation en profondeur de formes 3D sur les phénomènes de conjonction et de non séparabilité linéaire (Arguin et Saumier, 2000; Saumier et Arguin, 2003). La présence d'ombrage sur la surface des formes offrait une impression de profondeur. Les résultats de cette expérience suggéraient une représentation interne de la forme spécifique à l'orientation étant donné l'effet significatif de la rotation en profondeur. Toutefois, une expérience subséquente faisant usage de stimuli 3D avec une texture plus riche en information de profondeur suscita des résultats différents. Les nouveaux stimuli 3D démontrèrent, contrairement à l'expérience précédente, l'absence d'effets de changement d'orientation en profondeur sur les phénomènes de conjonction et de non séparabilité linéaire. Les résultats divergents de ces deux expériences suggèrent donc une sensibilité des processus de représentation visuelle des formes à la richesse des indices de profondeur.

Dans le cadre de la présente étude, nous utiliserons une tâche de reconnaissance dans le contexte d'un paradigme d'amorçage afin de déterminer si le système de représentation de la forme visuelle utilise ou non l'information de profondeur. Dans chacune des expériences, les participants devront déterminer, suite à une phase de mémorisation d'une collection d'objets et en répondant le plus rapidement possible tout en évitant de commettre une erreur, si un objet-test qui leur est présenté fait partie de l'ensemble familier (mémorisé) ou non familier (non mémorisé). L'objet cible sera précédé d'une amorce neutre ou encore d'amorces constituées de trois surfaces attachées l'une à l'autre qui appartiennent ou non à l'objet cible. Tout dépendamment de l'expérience, il y aura deux ou trois types d'amorce; ces types variant en fonction de la richesse de l'information de profondeur offerte par les amorces. Une amorce neutre sera

également utilisée afin d'établir un niveau de base qui servira à déterminer d'éventuels effets facilitateurs de l'amorce reliée ou encore des effets inhibiteurs de l'amorce non reliée. La comparaison des performances entre les types d'amorces et la condition neutre, permettra d'évaluer si le système visuel humain utilise l'information de profondeur pour la perception de la forme. Une sensibilité des effets d'amorçage à l'information de profondeur indiquerait une utilisation de cette information dans la perception de la forme, ce qui irait à l'encontre de postulats fondamentaux des théories structurales et de l'image. Par ailleurs, de tels résultats appuieraient les observations obtenues par Nicholson et Humphrey (2001), par Koenderink et al. (1996) et par Blais et al. (soumis) suggérant que l'information de profondeur contribue effectivement à la représentation de la forme. À l'opposé, l'absence d'effet de l'information de profondeur suggérerait plutôt qu'elle ne contribue pas à la représentation de la forme, comme le prédisent les théories structurales et de l'image.

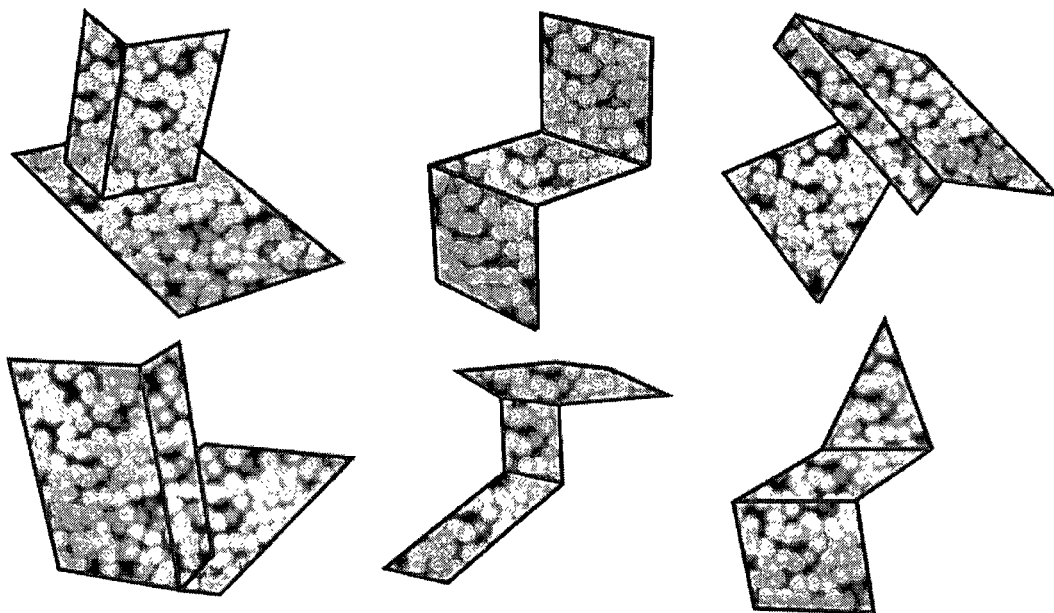
L'utilisation du paradigme d'amorçage a été privilégiée sur d'autres méthodes car il permettra de cibler directement les attributs physiques impliqués dans la représentation visuelle des formes. Selon Wiggs et Martin (1998), l'amorçage perceptuel est insensible aux changements d'attributs physiques (ex : contraste et luminosité) qui ne sont pas essentiels à la formation d'une représentation visuelle de formes. Réciproquement, les attributs physiques nécessaires à la représentation visuelle des formes influencent l'amorçage perceptuel. En effet, l'amorçage perceptuel suppose que la modulation de la performance de reconnaissance (i.e., les temps de réponse et/ou les taux d'erreurs) des cibles est déterminée par le degré d'activation ou d'accès à la représentation de cette cible provoqué par le type d'amorce. Il est donc supposé que

plus l'amorce active ou accède à la représentation de la cible, plus les effets facilitateurs de l'amorçage seront grands (relativement à la condition neutre). À l'opposé, l'absence d'effets d'amorçage suggère que l'amorce n'a pas pu activer une représentation pertinente. Puisque dans la présente étude les différents types d'amorce varieront en fonction de la présence ou non de certains attributs physiques (dans ce cas-ci, différents indices de profondeur), l'utilisation du paradigme d'amorçage permettra de rencontrer les objectifs visés. De plus, c'est en se basant sur la logique qui vient d'être exposée que les résultats des expériences seront interprétés.

Expérience 1

Tel que mentionné dans la problématique, cette expérience fait appel à une tâche de reconnaissance utilisant le paradigme d'amorçage. L'expérience utilisera deux types d'amorces, soit celles constituées de surfaces dont l'orientation en profondeur correspond exactement à la cible, dû à la présence de l'ombrage et de l'inclinaison des surfaces signalée par la texture (amorces 3D) ou encore de surfaces planes toutes orientées perpendiculairement au point de vue de l'observateur (amorces 2D) (Figures 1 et 2). L'objectif est de vérifier si la présence de l'information supplémentaire présente sur les amorces 3D aura un impact sur la performance de reconnaissance des objets cibles.

Amorces familières 2D



Amorces nouvelles 2D

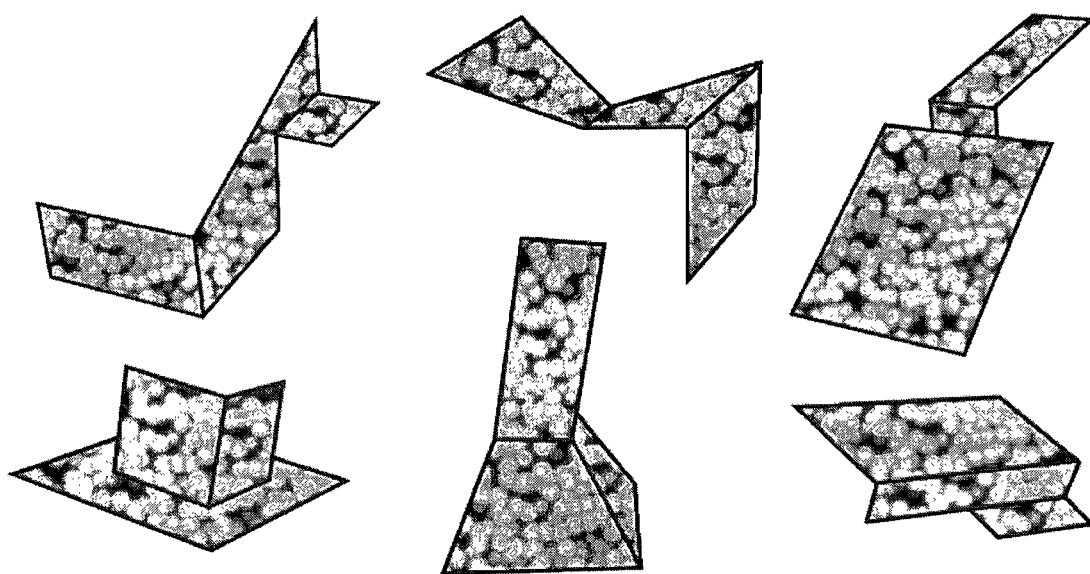
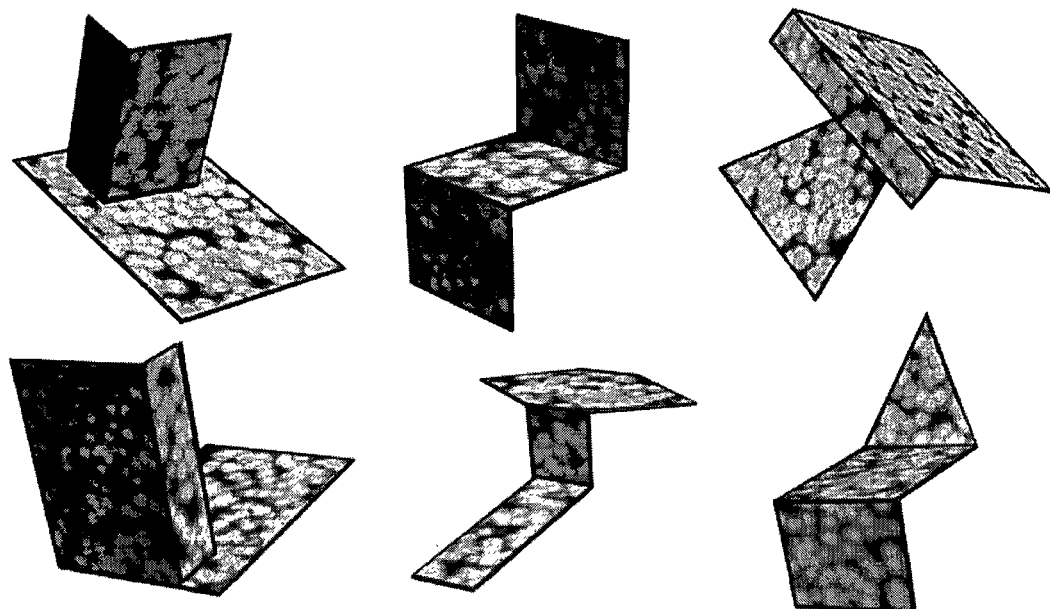


Figure 1. Ensemble des amorces 2D utilisé dans les expériences 1, 2 et 3.

Amorces familières 3D



Amorces nouvelles 3D

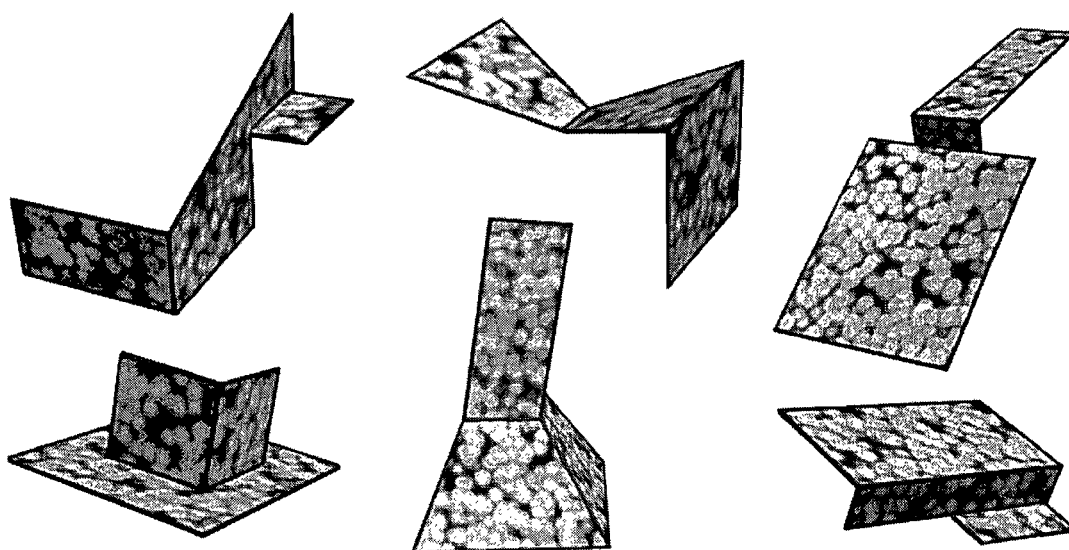


Figure 2. Ensemble des amorces 3D utilisé dans les expériences 1, 2 et 3.

Participants :

16 participants volontaires neurologiquement intacts (6 hommes et 10 femmes), âgés entre 18 et 27 ans, ont pris part à l'expérience. Les participants avaient tous une vision normale ou corrigée et étaient naïfs quant aux objectifs de l'expérience.

Matériel :

Le logiciel E-Prime, par Psychology Software Tools Inc., a été utilisé pour contrôler le déroulement de l'expérience et l'expérimentation a été conduite sur un ordinateur Pentium 4, 2.0 Ghz. Tous les stimuli étaient présentés sur un écran de 17 pouces avec une résolution de 1024 par 768 pixels. Les réponses ont été enregistrées à l'aide d'un clavier en interface avec E-Prime.

Stimuli :

Les objets ont été construits en se servant du logiciel 3D Studio max, de Discreet Technologies. L'expérience comprend un total de 18 objets. Six d'entre eux étaient à mémoriser et étaient présents dans les deux phases de l'expérience (Figure 3). Six autres étaient utilisés comme distracteurs dans la phase d'apprentissage (Figure 4) et un dernier sous-ensemble de six était utilisé en tant que distracteurs dans la phase expérimentale (Figure 5). Chaque objet a été construit à l'aide de deux composantes volumétriques simples connectées entre elles par l'une de leurs surfaces. Une texture monochromatique (nommée « cellular ») disponible dans 3D Studio max a été appliquée sur chaque objet et la source lumineuse était constante à travers les objets. La saillance des contours a été augmentée en ajoutant d'épaisses lignes noires sur ceux-ci. L'étendue spatiale couverte par les objets cibles varie entre 5.1° et 8.75° d'angle visuel.

sur l'axe vertical et entre 4.25° et 7.7° sur l'axe horizontal à une distance de visionnement de 60 cm. Les 25 amorces (deux pour chaque objet de la phase expérimentale et une amorce neutre) ont aussi été créées en se servant du même logiciel, de la même texture et de la même source lumineuse que pour les objets cibles. L'amorce neutre était une sphère de 5.5° d'angle visuel (Figure 6). Chaque amorce était faite à partir de trois surfaces visibles de l'objet cible et la même projection rétinienne des surfaces était utilisée pour les deux types d'amorces (2D et 3D (Figures 1 et 2 respectivement)). Essentiellement, la différence entre les deux types d'amorce concerne la texture qui y est appliquée et l'ombrage. Dans le cas des amorces 3D, la texture visible présente un gradient et de l'ombrage qui signalent de manière valide l'orientation en profondeur des surfaces, donc leur aspect tridimensionnel. À l'opposé, les amorces 2D comportent une texture sans gradient et aucun effet d'ombrage, qui signale une surface plane alignée perpendiculairement à la ligne de vue de l'observateur. L'étendue spatiale des amorces étaient entre 2.85° et 6.9° sur l'axe vertical et entre 3.9° et 6.75° sur l'axe horizontal.

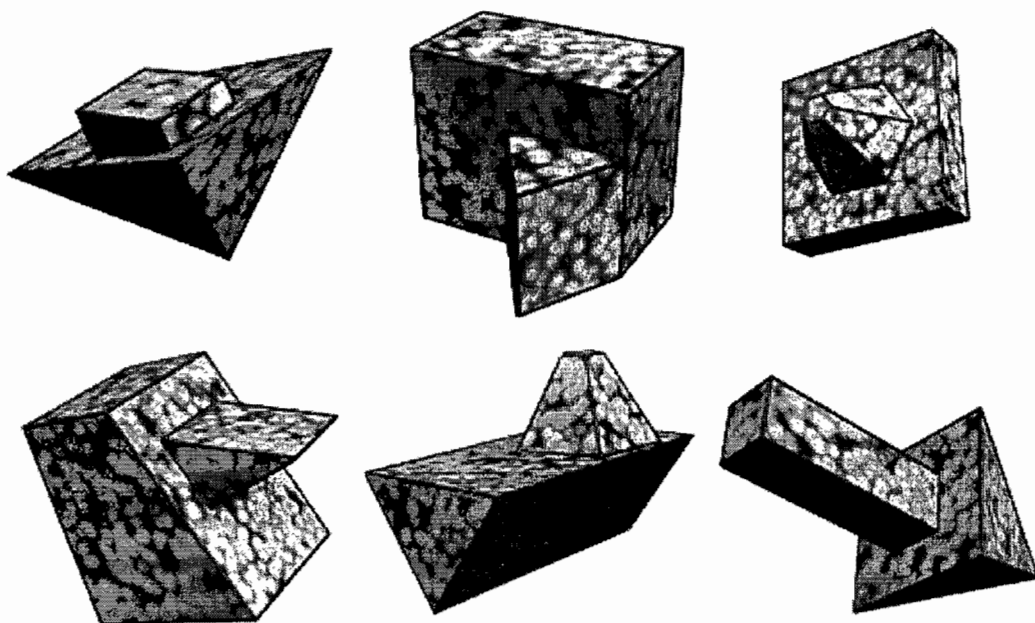


Figure 3. Ensemble des objets à ne pas mémoriser de la phase d'apprentissage (phase 1).

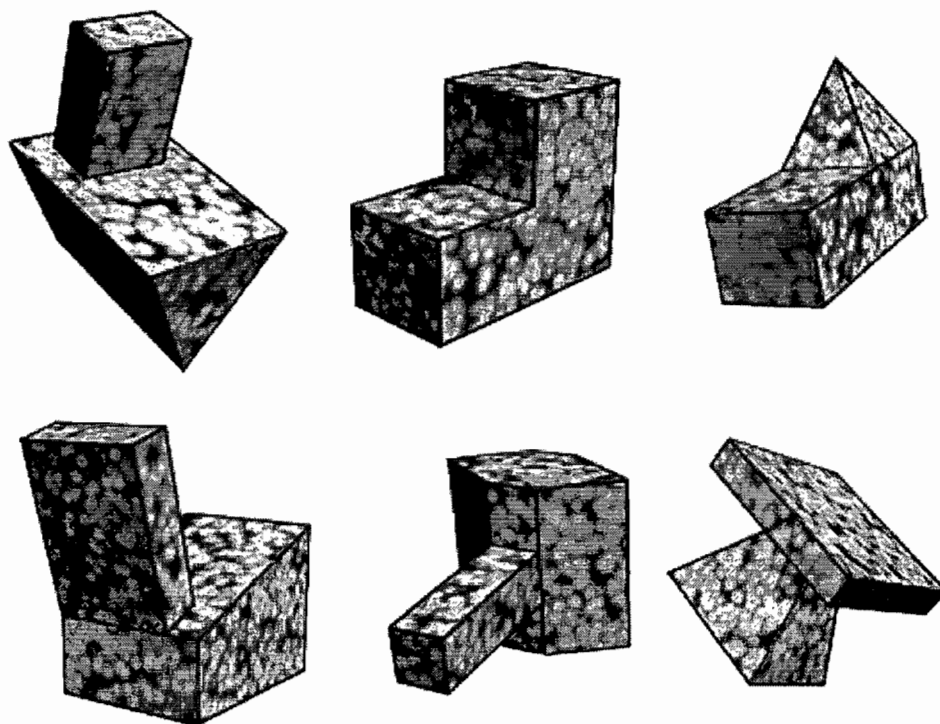


Figure 4. Ensemble des objets familiers (utilisé dans les deux phases de l'expérience).

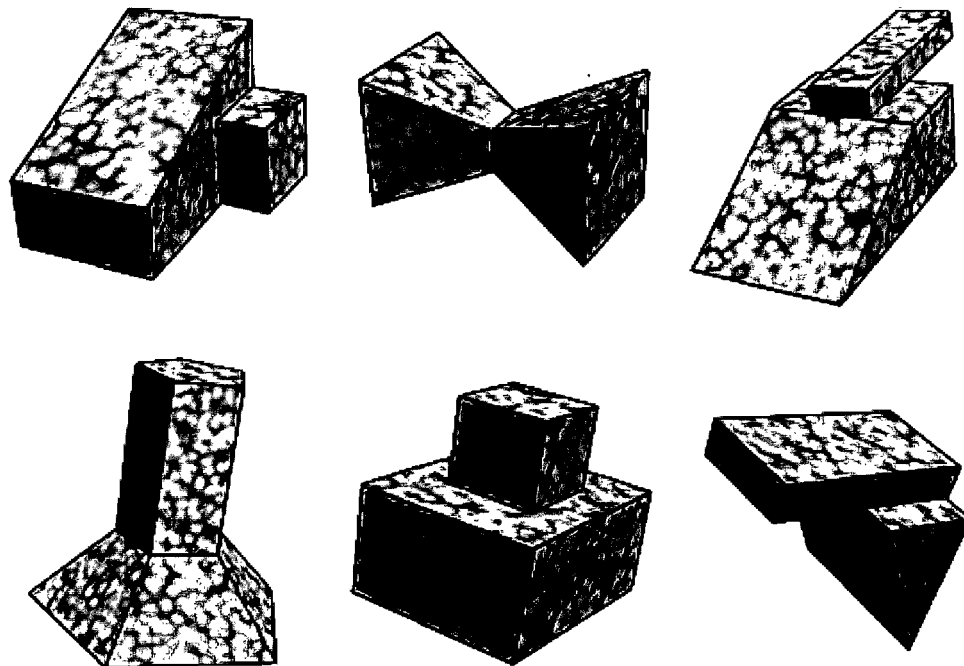


Figure 5. Ensemble des objets non familiers de la phase expérimentale.

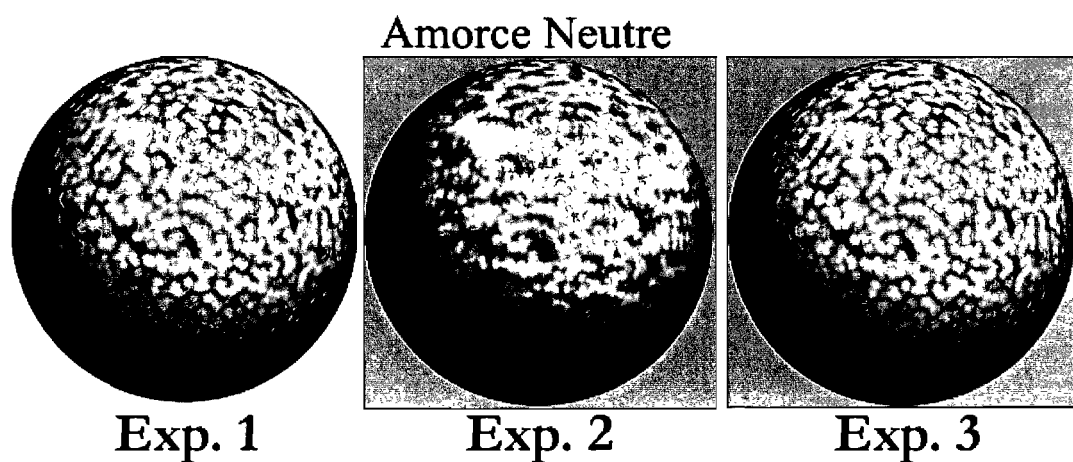


Figure 6. Amorces neutres utilisées pour les expériences 1, 2 et 3.

Procédure :

L'expérience 1 fait appel à un plan expérimental à mesures répétées 2 x 5, ayant comme facteurs la familiarité (deux niveaux : familier – i.e. mémorisé -- ou non

familier) et le type d'amorce (cinq niveaux : neutre, pareille-2D, pareille-3D, différente-2D et différente-3D).

La tâche est divisée en deux phases. La première phase était strictement une phase d'apprentissage : le participant commençait par mémoriser six objets qui lui étaient présentés simultanément sur l'écran d'ordinateur jusqu'à ce qu'il juge pouvoir les reconnaître (ces objets devenaient ensuite les six objets familiers de la seconde phase). Les participants exécutaient ensuite une tâche simple de reconnaissance afin de s'assurer qu'ils avaient bien mémorisé les objets familiers. La séquence de chaque essai était présentée sur un fond de couleur blanche pour l'ensemble des phases de l'expérience. Chaque essai de cette tâche débutait avec un point de fixation (+, Courier New 26 points) présenté au centre de l'écran pour une durée de 750 ms, qui était immédiatement suivi par la présentation d'un objet jusqu'à ce que le participant indique s'il s'agit d'un objet familier (faisant partie de l'ensemble d'objets à mémoriser) ou d'un objet non familier. Cette phase comprenait un minimum de 48 essais. Si le participant répondait correctement à au moins 85% des essais, il pouvait débiter la seconde phase. S'il n'obtenait pas suffisamment de bonnes réponses, un ensemble de 24 essais additionnels était répété en boucle jusqu'à ce que le critère d'apprentissage soit atteint. La phase expérimentale (seconde) de l'expérience débutait une fois le critère d'apprentissage atteint.

La phase expérimentale de l'expérience utilisait aussi une tâche de reconnaissance, mais cette fois, dans un contexte de paradigme d'amorçage. Cette phase implique un total de 648 essais divisés en trois blocs de 216 essais chacun. Il y avait 24

essais par condition (i.e., chaque combinaison de type d'amorce et de familiarité, à l'exception des conditions avec amorces différentes et neutre pour lesquelles il y avait 12 essais pour chaque niveau de familiarité) dans chaque bloc. Tous les participants exécutaient chacune des deux phases (apprentissage et expérimentale). L'ordre des blocs était déterminé aléatoirement pour chaque participant.

Chaque essai de la phase expérimentale (Figure 7) débutait avec la présentation d'un point de fixation (+, Courier New 26 points) au centre de l'écran pour une durée de 750 ms. Un délai de 500 ms suivait et ensuite l'amorce était présentée pour 250 ms. Afin de prévenir toute superposition entre l'amorce et la cible, un décalage spatial de l'amorce était utilisé. Ce décalage consistait en un déplacement de l'amorce de 3 cm sur l'axe horizontal ou vertical à partir du centre de l'écran. Chaque type d'amorce était présenté un nombre égal de fois avec chacun des quatre décalages spatiaux possibles. La présentation de l'amorce était suivie d'un délai de 150 ms et, par la suite, de la présentation d'un masque pour une durée de 250 ms afin d'éviter la possibilité d'une image consécutive. Les masques étaient constitués d'une plage de bruit blanc de 240 pixels par 240 pixels générée aléatoirement. La présentation du masque était suivie d'un délai de 250 ms et la cible apparaissait par la suite au centre de l'écran jusqu'à la réponse du participant (objet familier ou non familier). Afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles, il était demandé aux participants de répondre, aussi rapidement que possible tout en évitant de commettre une erreur, en appuyant à l'aide de leur index de chaque main sur les touches « F » ou « J » du clavier. Les boutons de réponse assignés à la réponse « objet familier » ou « objet non familier » étaient contrebalancés à travers les participants. Après chaque réponse, les participants recevaient une rétroaction en

leur présentant les mots « correct » ou « incorrect » au centre de l'écran. Ceci a été fait uniquement pour minimiser les taux d'erreurs puisque les temps de réponse (TR) constituent la variable dépendante d'intérêt dans la présente expérience.

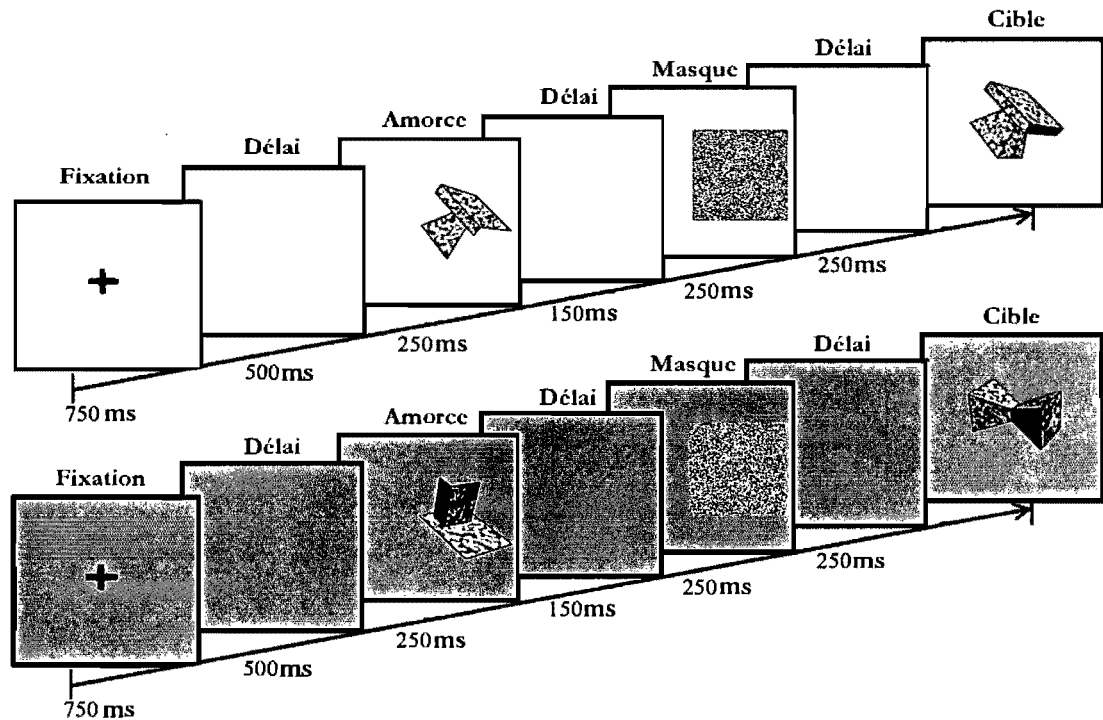


Figure 7. Exemple de la séquence d'un essai avec amorce pareille de type 2D pour l'Exp.1 (en haut) et de la séquence d'un essai avec amorce différente de type 3D pour l'Exp.2 (en bas).

Résultats :

Les TR s'écartant de plus de 2.5 écart-types de la moyenne des participants pour chacune des conditions ont été exclus de la base de données et de l'analyse. Ceci résulte en l'élimination d'un total de 247 essais pour l'expérience (2.4% des essais -- excluant les essais erronés). Le taux d'erreur moyen à travers les conditions est de 3%. De plus, aucun compromis vitesse-précision n'est observé puisque la corrélation entre les temps de réponse et le pourcentage d'erreurs est positive $r = 0.55$ ($p < 0.05$).

Les TR ont été analysés à l'aide d'une ANOVA à mesures répétées incluant les facteurs du type d'amorce (cinq niveaux : neutre, pareille-2D, pareille-3D, différente-2D et différente-3D) et de familiarité (deux niveaux : familier ou non familier). Les TR corrects de chaque condition sont présentés à la Figure 8. Seuls les essais où l'amorce et la cible avaient la même familiarité ont été retenus pour l'analyse. En effet, bien que nécessaires à la tâche, les essais où l'amorce et la cible appartiennent à des classes de familiarité différentes ne présentent pas d'intérêt pour la problématique à l'étude.

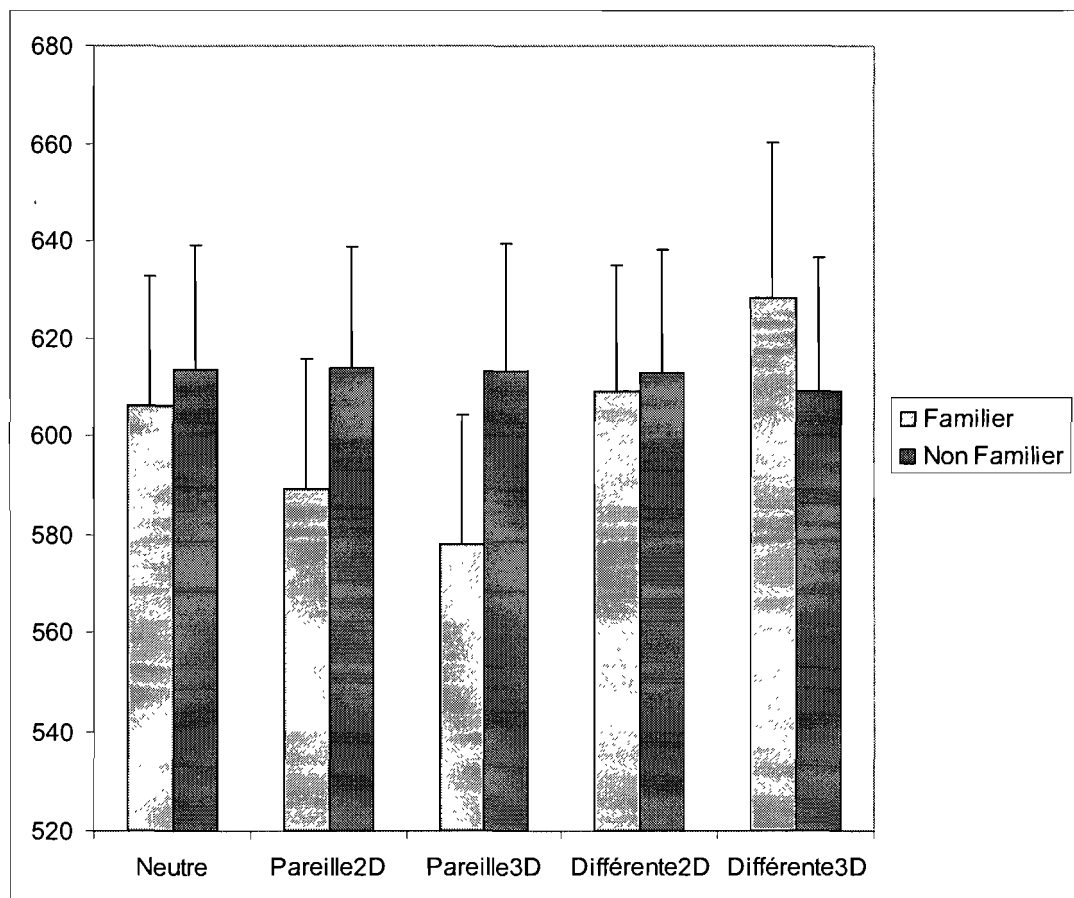


Figure 8. TR moyens pour chaque condition expérimentale de l'Exp.1.

Les résultats démontrent un effet principal du type d'amorce ($F(4,60) = 3.04, p < 0.05$), mais aucun effet significatif de la familiarité ($F(1,15) < 1$). L'interaction type

d'amorce par familiarité est hautement significative ($F(4,60) = 11.99, p < 0.001$). Pour les objets familiers, l'effet du type d'amorce est significatif ($F(4,60) = 8.29, p < 0.001$) alors qu'il ne l'est pas pour les objets non familiers ($F(4,60) < 1$). L'effet du type d'amorce pour les objets familiers tient au fait que les amorces pareille-2D (589 ms) et pareille-3D (578 ms) ont entraîné des TR significativement plus courts qu'avec l'amorce neutre (606 ms, $F(1,15) = 6.41, p < 0.05$ et $F(1,15) = 8.82, p = 0.01$, respectivement). De plus, la condition d'amorçage différente-3D (628.26 ms) a produit des TR significativement plus longs que la condition neutre (606 ms, $F(1,15) = 5.51, p < 0.05$).

Un objectif crucial de l'expérience est de déterminer si les amorces 2D et 3D ont des impacts différents sur la performance. Puisque des effets d'amorçage facilitateurs sont observés avec les amorces « pareilles » 2D et 3D pour les objets familiers, une analyse additionnelle a été effectuée pour déterminer si les performances entre ces conditions différaient l'une de l'autre. Les résultats démontrent effectivement des TR significativement plus courts (donc, un plus grand effet d'amorçage) avec des amorces 3D que 2D ($F(1,15) = 6.31, p < 0.05$).

Quant à l'analyse des taux d'erreurs, une ANOVA à mesures répétées incluant les facteurs du type d'amorce et de la familiarité a été calculée, tout comme pour les TR. Aucun effet principal n'a été observé [type d'amorce ($F(4,60) = 1.17, ns$); familiarité ($F(1,15) < 1$)] et l'interaction entre ces facteurs n'est pas significative ($F(4,60) = 2.03, p = 0.1$). Cependant, un effet marginalement significatif du type d'amorce est observé pour les cibles non familières ($F(4,60) = 2.33, p = 0.07$). Les participants semblent faire

plus d'erreurs avec les amorces riches en information de profondeur (3D) qu'avec les amorces 2D. Les taux d'erreur moyens dans chaque condition sont rapportés dans la Figure 9.

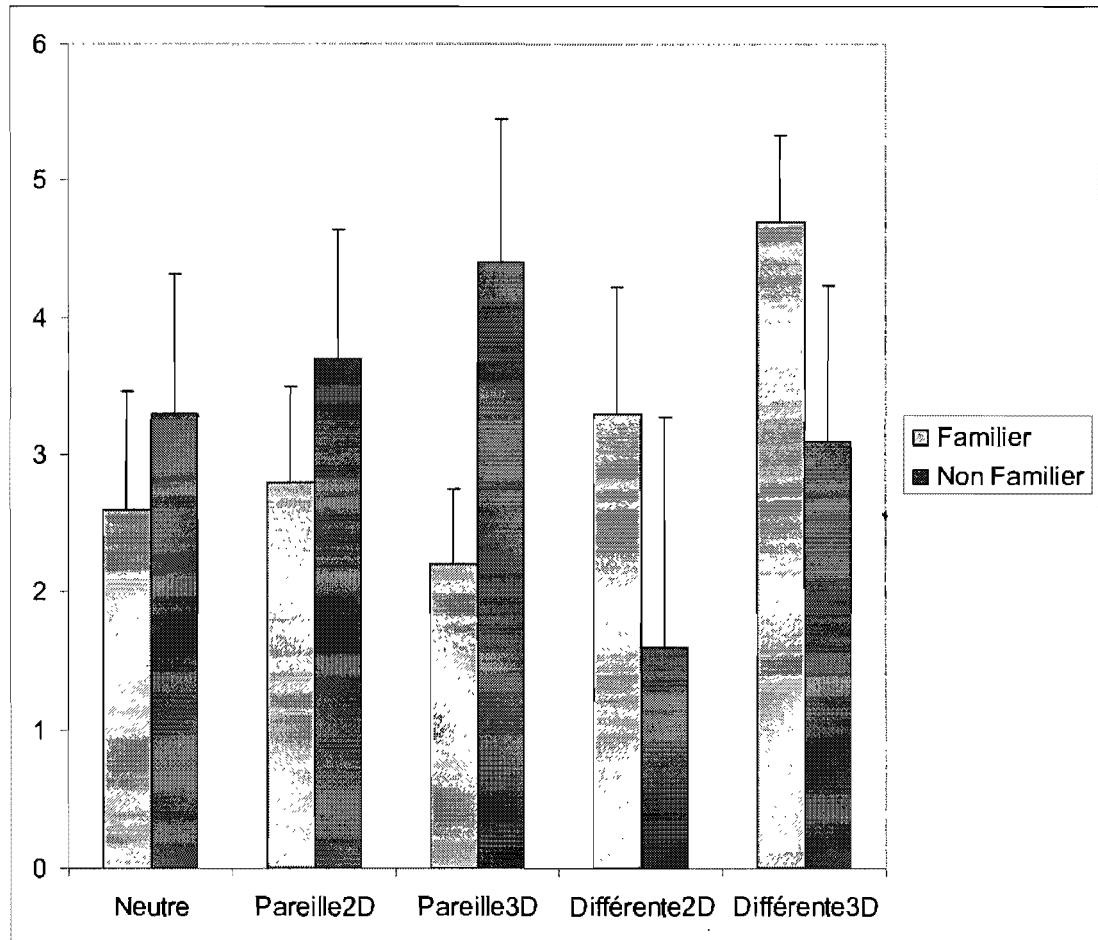


Figure 9. Taux d'erreurs moyen (en %) par condition pour l'Exp.1.

Discussion :

Les résultats obtenus indiquent que les amorces utilisées ont eu un impact significatif sur le traitement de la cible présentée ensuite. Il est intéressant de constater que les effets d'amorçage ne se sont produits qu'avec les cibles familières. Ceci suggère que la représentation visuelle en mémoire pour les cibles non familières n'est pas

suffisamment robuste pour permettre l'occurrence d'un effet d'amorçage (McClelland et Rumelhart, 1985). En effet, ces dernières n'ayant pas été apprises dans la phase d'apprentissage n'aurait pas développé une trace suffisamment forte ou durable pour créer des effets d'amorçage significatifs. Une explication plus complète de ce phénomène reposant sur le modèle de McClelland et Rumelhart (1985) sera abordée dans la discussion générale.

Les effets obtenus avec les cibles familières sont congruents avec les résultats de Nicholson et Humphrey (2001), Koenderink et al. (1996) et Blais, Arguin et Marleau (soumis) cités dans l'Introduction, soit que l'information de profondeur contribue à la représentation visuelle de la forme. En effet, nos résultats démontrent que les amorces pareilles de type 3D entraînent un plus grand effet d'amorçage facilitateur (i.e. réduction des TR relativement à la condition neutre) que les amorces pareilles de type 2D. Ceci suggère que l'information de profondeur offerte par les amorces 3D (i.e. ombrage et gradient de texture) facilite le traitement subséquent de la cible relativement aux amorces dépourvues d'une information 3D valide (i.e. les amorces 2D). Ces résultats sont incompatibles avec les théories volumétriques et de l'image. En effet, celles-ci prédisent l'absence de différence entre les amorces offrant une information picturale de profondeur et celles dépourvues de cette information 3D (dans le cas présent les contours sont également visibles dans les deux conditions). Il est clair que les résultats obtenus n'appuient pas ces hypothèses.

De plus, les résultats avec les amorces différentes (toujours pour les cibles familières) confirment cet impact particulier de l'information de profondeur puisque

seules les amorces différentes de type 3D ont entraîné un effet d'amorçage inhibiteur (i.e. augmentation des TR relativement à la condition neutre). Il n'en demeure pas moins que les résultats de l'Exp. 1 démontrent aussi que les contours jouent un rôle important dans la représentation de la forme compte tenu que les amorces pareilles-2D ont engendré un effet d'amorçage facilitateur significatif.

Expérience 2

L'Exp. 2 vise une réplique des phénomènes observés à l'Exp. 1, mais avec l'ajout de conditions d'amorçage offrant une information plus réaliste et valide de la structure 3D des objets comparativement à ceux utilisés à l'Exp. 1. Le réalisme sera augmenté par l'ajout de la disparité binoculaire en permettant d'éviter que certains indices soient en conflit, e.g. texture et stéréoscopie dans le cas d'un objet texturé sans disparité binoculaire. L'Exp. 2 implique donc à nouveau l'utilisation d'une tâche de reconnaissance utilisant le paradigme d'amorçage. Les mêmes conditions que celles utilisées à l'Exp. 1 sont répliquées ici, mais de nouvelles conditions s'y ajoutent, soient celles impliquant des amorces stéréoscopiques pareilles ou différentes et des cibles stéréoscopiques plutôt que sans stéréoscopie comme s'était le cas dans l'Exp. 1. L'intérêt d'ajouter des amorces stéréoscopiques est double. D'une part, cet ajout permet la présentation de stimuli offrant une impression de profondeur plus réaliste qu'à l'Exp. 1. D'autre part, l'utilisation d'un indice de profondeur additionnel à ceux utilisés à l'Exp. 1 permettra de déterminer dans quelle mesure ces indices ont des effets cumulatifs. Il est important de préciser que par additionnel (ou ajout), nous ne signifions pas littéralement que l'on ajoute une information de profondeur, car du moment que

l'observateur dispose de ses deux yeux, il dispose de la stéréoscopie, mais bien que l'on manipule davantage cette information pour qu'elle soit plus valide, i.e. à l'aide de la disparité binoculaire.

Participants :

16 individus neurologiquement intacts (9 femmes et 7 hommes), âgés entre 18 et 42 ans, ont pris part à l'expérience. Tous les participants avaient une vision normale ou corrigée et étaient naïfs quant aux objectifs de l'étude. Aucune sélection particulière n'était appliquée pour le sexe, la dominance manuelle ou le niveau de scolarité.

Matériel :

Le matériel utilisé est le même que dans l'expérience 1 à l'exception de l'ajout de lunettes stéréoscopiques rouge/cyan qui étaient portées par les participants pendant toute la durée de l'expérience.

Stimuli :

L'expérience utilise les mêmes objets que pour l'expérience 1, en plus du nouvel ensemble d'amorces stéréoscopiques (Figure 10). Afin de produire l'effet de stéréoscopie, deux points de vue différents ont été enregistrés pour chaque forme. Ces points de vue impliquent une rotation de 1.75 degrés vers la droite et vers la gauche autour d'un axe vertical perpendiculaire au point de vue de l'observateur et situé au centre de l'étendue spatiale de l'objet à l'aide du logiciel 3D Studio max. L'angle de rotation a été sélectionné pour produire une impression stéréoscopique véridique pour une distance interoculaire de 5.5 cm à la distance de visionnement de 60 cm. Un

programme, créé à partir de MatLab, a ensuite servi pour produire un anaglyphe fusionnant les deux points de vue et provoquant l'effet de stéréoscopie en visionnant avec les lunettes rouge/cyan appropriées. Les surfaces visibles sur les amorces stéréoscopiques sont les mêmes que pour les autres types d'amorce et l'unique différence avec l'amorce de type 3D de l'expérience précédente est l'ajout de la stéréoscopie.

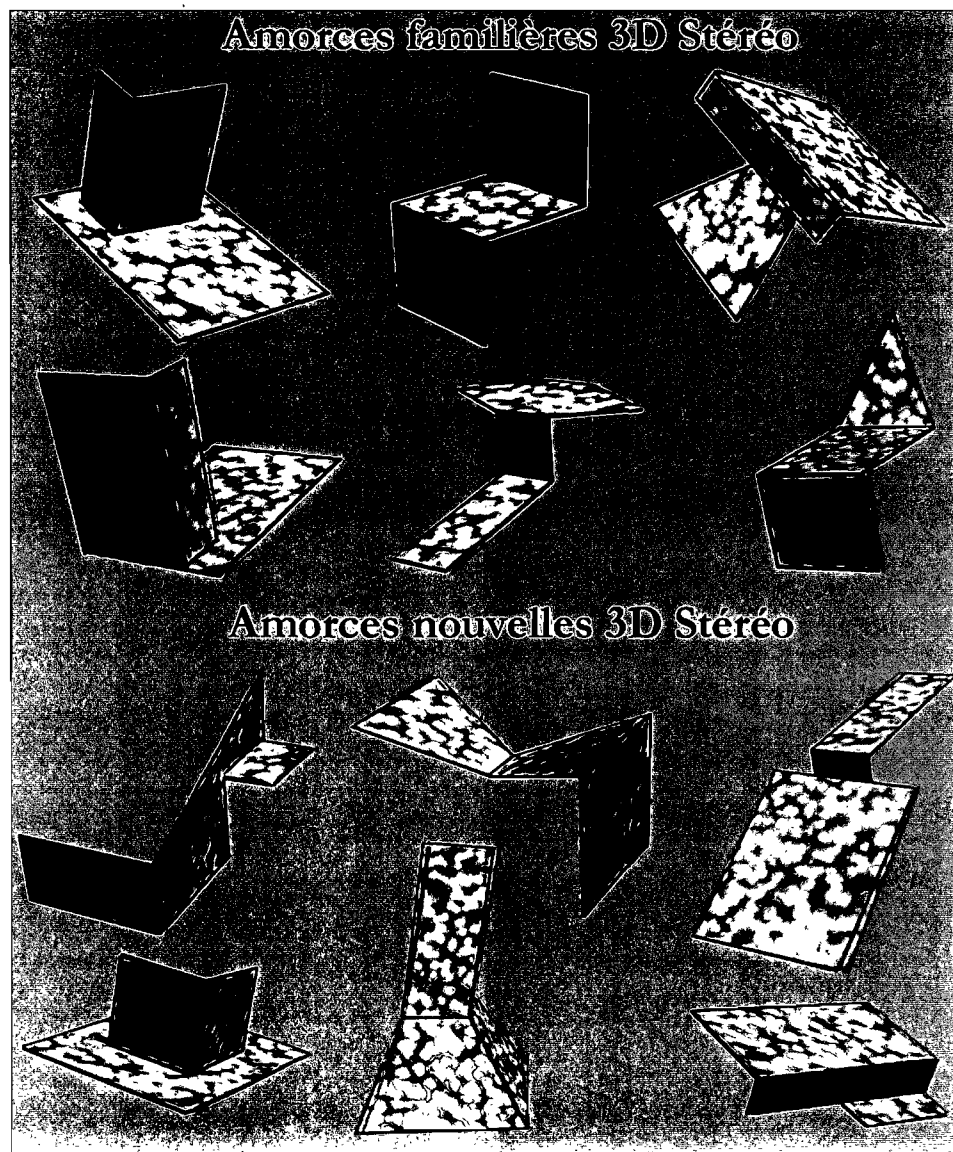


Figure 10. Ensemble des amorces 3D stéréoscopiques utilisé dans les expériences 2 et 3.

Procédure :

L'expérience implique un plan expérimental à mesures répétées 2 x 7, où les facteurs sont la familiarité (deux niveaux : familier et non familier) et le type d'amorce (sept niveaux : neutre, pareille-2D, pareille-3D, pareille-3Dstéréo, différente-2D, différente-3D et différente-3Dstéréo).

La procédure est pratiquement la même que pour l'expérience 1. La principale différence est que dans l'Exp. 2, la stéréoscopie est utilisée et les participants doivent porter des lunettes stéréoscopiques tout au long de l'expérience. De plus, afin d'éviter la présence d'un effet fantôme causé par le port des lunettes stéréoscopiques avec un fond d'écran blanc (tel qu'utilisé à l'Exp. 1), les stimuli ont été présentés sur un fond gris d'intensité moyenne (valeurs RGB : 127, 127, 127). L'autre différence concerne les nombres d'essais compris dans la phase expérimentale. Puisqu'une nouvelle condition d'amorçage est utilisée, cette phase comporte un total de 936 essais, divisés en trois blocs de 312 essais chacun. Il y a donc 24 essais par condition (chaque combinaison de type d'amorce et de familiarité, mis à part la condition neutre qui compte un total de 12 essais pour chaque niveau de familiarité) pour chaque bloc expérimental.

Résultats :

Les TR s'écartant de plus de 2.5 écart-types de la moyenne des participants pour chacune des conditions ont été exclus de la base de données et de l'analyse. Ceci résulte en l'élimination d'un total de 362 essais pour l'expérience (2.8% des essais -- excluant les essais erronés). Le taux d'erreur moyen à travers les conditions est de 2.4% (325

essais au total). Étant donné l'obtention de résultats anormaux, deux des 16 participants ont dû être exclus de l'analyse. L'un d'eux avait un taux d'erreurs de 10%, soit plus de 2.5 écarts-types au-dessus de la moyenne du groupe. L'autre présentait un TR moyen de 737 ms, qui se situe à plus de 2 écarts-types au-dessus de la moyenne du groupe. Enfin, la corrélation entre les TR et les pourcentages d'erreurs était presque nulle ($r = 0.01$, *ns*), ce qui indique une absence de compromis vitesse-précision de la part des participants.

Les TR ont été analysés à l'aide d'une ANOVA à mesures répétées comprenant les variables type d'amorce (sept niveaux : neutre, pareille-2D, pareille-3D, pareille-3Dstéréo, différente-2D, différente-3D et différente-3Dstéréo) et familiarité (deux niveaux : familier et non familier). La Figure 11 présente les TR moyens pour chacune des conditions. Comme dans l'Exp. 1 et pour les mêmes raisons, seuls les essais où les amorces et les cibles appartenaient à la même classe de familiarité ont servi à l'analyse. Les résultats de l'ANOVA démontrent des effets principaux du type d'amorce ($F(6,78) = 3.19$, $p = 0.01$) et de la familiarité ($F(1,13) = 15.6$, $p < 0.001$). De plus, l'interaction type d'amorce par familiarité s'est avérée significative ($F(6,78) = 5.51$, $p < 0.001$).

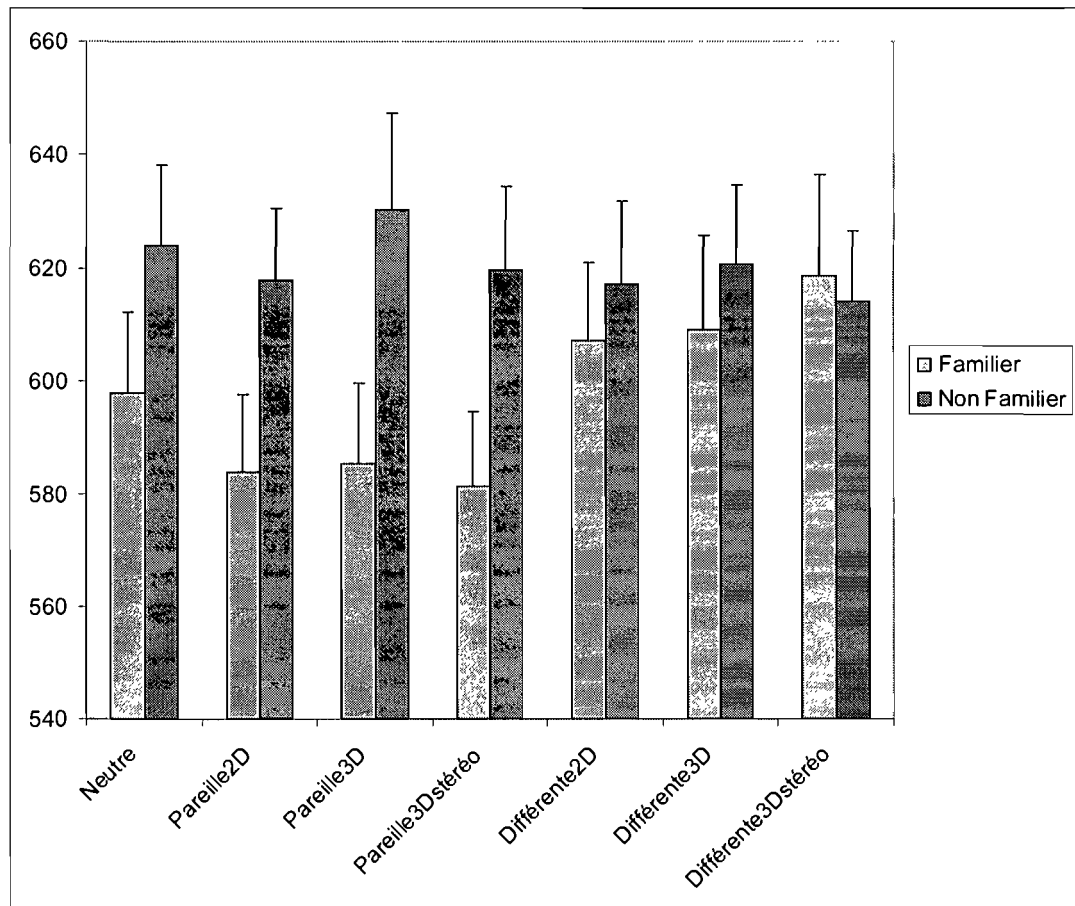


Figure 11. TR moyens pour chaque condition expérimentale de l'Exp.2.

Les effets simples de cette interaction démontrent un effet significatif du type d'amorce pour les cibles familières ($F(6,78) = 8.25, p < 0.001$) tandis qu'aucun effet n'est observé pour les cibles non familières ($F(6,78) < 1$). Compte tenu de la présence d'effets d'amorçage significatifs pour les cibles familières, ceux-ci ont ensuite été analysés en comparant les TR de chaque condition d'amorçage avec ceux de la condition neutre. Les comparaisons entre amorces neutre et pareille-2D ($F(1,13) = 5.82, p < 0.05$), pareille-3D ($F(1,13) = 6.25, p < 0.05$), et pareille-3Dstéreo ($F(1,13) = 4.96, p < 0.05$) démontrent toutes des différences significatives. Les TR moyens obtenus avec

ces trois derniers types d'amorce sont tous plus courts que pour la condition neutre. La comparaison entre les amorces neutre et différente-3Dstéréo pour les cibles familières démontre des TR significativement plus élevés pour la condition d'amorçage différente-3Dstéréo ($F(1,13) = 10.15, p < 0.001$). Aucune différence n'est observée entre les TR avec les amorces neutre et différente-2D ($F(1,13) = 2.51, ns$) ou différente-3D ($F(1,13) = 2.89, ns$).

Dans le cas des cibles familières précédées d'une amorce pareille, aucune différence n'est observée à travers les conditions, qui présentent des TR presque identiques (pareille-2D = 583 ms; pareille-3D = 585 ms; pareille-3Dstéréo = 581 ms; $F(1,13) < 1$ pour chaque comparaison).

Quant à l'analyse des taux d'erreurs (Figure 12), une ANOVA à mesures répétées incluant les facteurs du type d'amorce et de la familiarité a été effectuée, tout comme avec les TRs. Aucun effet principal n'a été observé [type d'amorce ($F(4,60) = 1.03, ns$); familiarité ($F(1,15) < 1$)]. Cependant, l'interaction entre le type d'amorce et la familiarité était marginalement significative ($F(4,60) = 2.02, p = 0.07$). Cette tendance vers une interaction réfère à un effet marginalement significatif du type d'amorce pareille pour les cibles familières ($F(6,78) = 2.08, p = 0.07$) qui est absent pour les cibles non familières ($F(6,78) < 1$). Ainsi, pour les cibles familières, moins les amorces contiennent d'information de profondeur, plus les taux d'erreurs sont élevés.

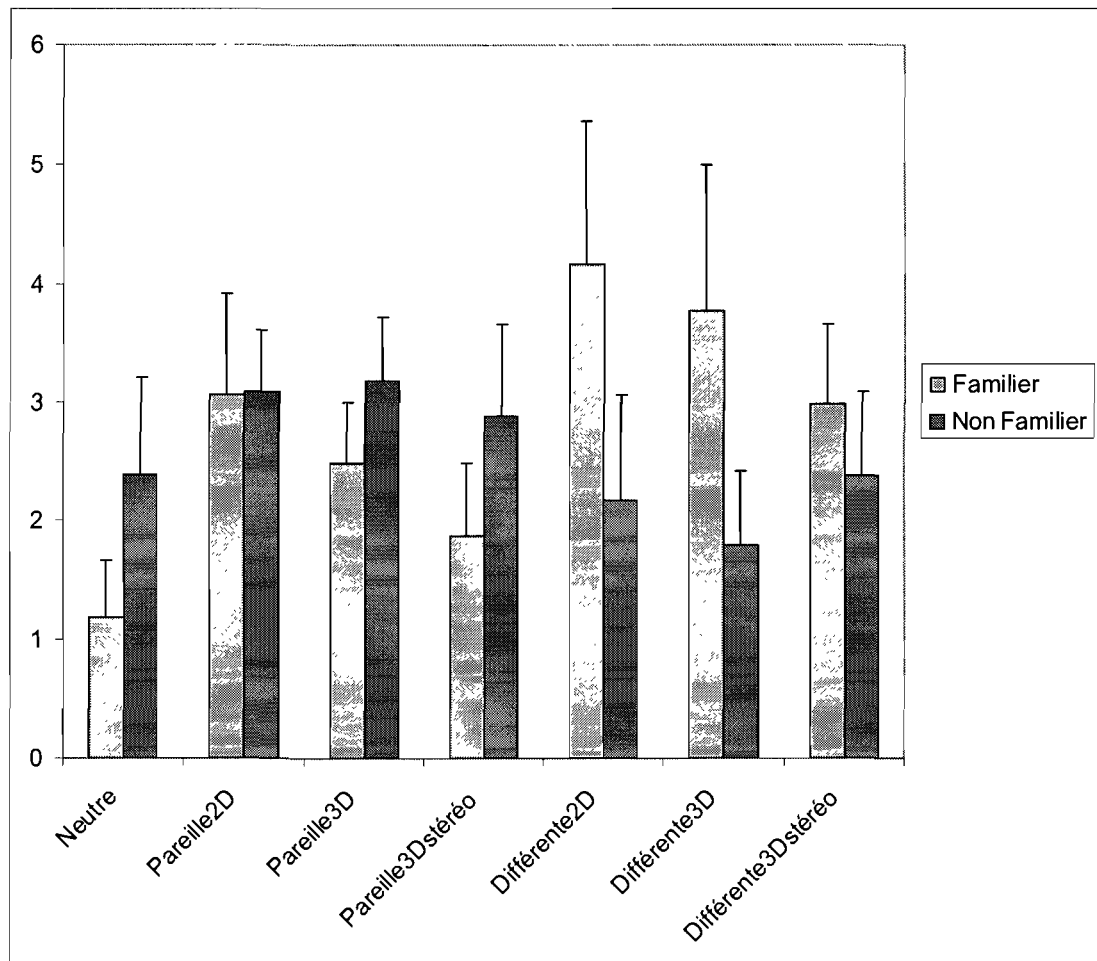


Figure 12. Taux d'erreurs moyen (en %) par condition pour l'Exp.2.

Discussion :

Tout comme dans l'expérience précédente, un effet d'amorçage exclusif aux cibles familières est observé à l'Exp. 2. Tel que brièvement expliqué précédemment, il semble que l'absence de période de familiarisation pré-expérimentale pour les cibles non familières empêcherait l'apparition d'un effet d'amorçage (McClelland et Rumelhart, 1985).

Contrairement à l'expérience 1, aucune différence de performance n'a été observée en fonction de la richesse des indices de profondeur avec les amorces pareilles

pour les cibles familières. Ceci est d'autant plus étonnant que l'ampleur de la manipulation relative à la richesse d'information de profondeur est nettement plus marquée à l'Exp. 2, compte tenu de l'ajout de l'indice de disparité binoculaire. En augmentant la validité de l'information de profondeur à l'aide de la disparité binoculaire, la différence entre les cibles et les amorces 2D est encore plus grande qu'à l'Exp. 1. Il était donc attendu que l'effet d'amorçage avec les amorces 2D soit moins grand qu'avec les amorces 3D stéréoscopiques. Une explication possible des effets d'amorçage égaux entre les amorces pareille-3D et pareille-3Dstéreo est la présentation du même point de vue pour l'amorce et la cible. Bennett et Vuong (2006) ont en effet démontré que l'ajout d'information stéréoscopique n'apporte aucun bénéfice dans des tâches d'appariement séquentiel et d'identification lorsque les objets sont présentés sous le même point de vue. Cependant, ils ont obtenu des effets facilitateurs plus grands avec des objets stéréoscopiques lorsque le point de vue sous lequel les objets étaient présentés était différent. Ceci pourrait donc expliquer pourquoi aucun avantage de l'amorce pareille-3Dstéreo n'a été démontré sur l'amorce pareille-3D. Par contre, ces arguments n'expliquent pas l'absence de différence entre les amorces pareille-2D et les deux autres types (pareille-3D et pareille-3Dstéreo).

En ne démontrant aucun effet de l'information de profondeur avec les amorces pareilles, les TR observés à l'Exp. 3 sont congruents avec les théories volumétriques. Par contre, ces théories semblent contredites par les résultats obtenus avec les amorces différentes. En effet, les mêmes résultats qu'à l'Exp.1 sont obtenus lorsque les amorces sont différentes, soit un effet d'amorçage inhibiteur uniquement lorsque l'amorce possède le plus d'information de profondeur (i.e. différente-3Dstéreo) parmi toutes les

conditions de l'expérience. L'implication de l'information de profondeur ne peut donc pas être exclue et les résultats aux essais différents sont en accord avec les données obtenues par Nicholson et Humphrey (2001), de Koenderink et al. (1996) et de Blais, Arguin et Marleau (soumis). Cependant, étant donné l'existence de certaines ambiguïtés dans les résultats de la présente expérience et de certaines différences méthodologiques entre les Exp. 1 et 2, une expérience subséquente est apparue nécessaire pour mieux comprendre ces résultats.

L'Exp.3 a pour but de vérifier si les résultats de l'Exp.1 sont à nouveau obtenus si la cible est présentée sans stéréoscopie, tel que c'était le cas dans l'Exp.1, tout en conservant la condition d'amorçage stéréoscopique et la plupart des différences méthodologiques entre les Exp. 1 et 2 (diminution du contraste par l'utilisation d'un fond gris, port de lunettes stéréoscopiques). Il sera ainsi possible de vérifier si les différences entre les résultats obtenus à l'Exp. 1 et 2 sont dus à la présence ou l'absence de disparité binoculaire sur les cibles. L'Exp.3 permettra aussi de déterminer si l'effet inhibiteur produit par les amorces différentes-3Dstéreo résulte d'une information de profondeur plus riche ou encore d'une meilleure correspondance de propriétés physiques entre l'amorce et la cible qu'avec les amorces différentes-3D.

Expérience 3

L'Exp. 3 fait appel aux mêmes facteurs (type d'amorce et familiarité) qu'à l'Exp.2. Toutefois, plutôt que d'utiliser des cibles stéréoscopiques, celles-ci sont présentées uniquement en 3D (i.e. avec texture mais sans disparité binoculaire), comme

à l'Exp.1. L'objectif est de vérifier si les résultats de l'Exp.1 avec les amorces 2D et 3D sont reproduits malgré certaines différences méthodologiques. Cela permettra aussi de vérifier si les résultats obtenus à l'Exp. 2 sont causés par l'utilisation de cibles stéréoscopiques. L'impact des amorces 3D stéréoscopiques sur les cibles 3D sera aussi observé. Si les résultats obtenus sont semblables à ceux de l'Exp. 1 en ce qui concerne les amorces 2D et 3D, ceci signifiera que les résultats différents obtenus à l'Exp. 2 sont probablement dû à l'utilisation d'une cible stéréoscopique. Si au contraire, les résultats sont semblables à ceux de l'Exp. 2, il est fort probable que les différences méthodologiques entre l'Exp.1 et les Exp.2 et 3 (diminution du contraste par l'utilisation d'un fond gris, port de lunettes stéréoscopiques) sont à l'origine de la divergence dans les résultats.

De plus, une vérification des effets inhibiteurs obtenus avec les amorces différentes permettra de confirmer s'ils sont produits par le type d'amorce contenant le plus d'information de profondeur ou par le phénomène de correspondance de propriétés physiques entre l'amorce et la cible. Des effets d'amorçage présents uniquement avec les amorces différente-3Dstéréo confirmeront la première possibilité tandis que des effets d'amorçage significatifs aux amorces différente-3D suggèreront plutôt que la correspondance des propriétés physiques entre l'amorce et la cible en est la cause.

Participants :

16 participants sans trouble neurologique (9 femmes et 7 hommes), âgés entre 18 et 25 ans, ont pris part à l'expérience. Tous les participants avaient une vision normale

ou corrigée et étaient naïfs quant aux objectifs de l'étude. Aucune sélection particulière n'était appliquée pour le sexe, la dominance manuelle et le niveau de scolarité.

Matériel :

Le même matériel que dans la seconde expérience a servi pour cette étude.

Stimuli :

Les cibles sont exactement les mêmes que celles utilisées à l'Exp. 1, soit des objets tridimensionnels sans stéréoscopie. Quant aux amorces, ces dernières sont identiques à celles utilisées à l'Exp. 2, à l'exception de l'amorce neutre qui est présentée sans stéréoscopie, soit avec les mêmes indices de profondeur que les cibles.

Procédure :

L'expérience implique le même plan expérimental que la seconde expérience, soit un plan à mesures répétées 2 x 7 ayant comme facteurs la familiarité (deux niveaux : familier et non familier) et le type d'amorce (sept niveaux : neutre, pareille-2D, pareille-3D, pareille-3Dstéréo, différente-2D, différente-3D et différente-3Dstéréo).

La procédure était pratiquement identique à l'Exp. 2. Encore une fois, la stéréoscopie était utilisée et les participants devaient porter des lunettes stéréoscopiques tout au long de l'expérience. Puisque l'effet stéréoscopique était présent uniquement sur les amorces, il n'était pas aussi évident que dans l'Exp. 2. Pour éviter l'absence d'effet stéréoscopique dû au manque d'habituation, chaque participant devait visionner un ensemble d'objets stéréoscopique avant de débiter la phase expérimentale. De plus,

étant donné que plusieurs participants avaient mentionné avoir ressenti de la fatigue et une baisse de concentration à la suite de l'expérimentation pour l'Exp. 2, la présente expérience s'est déroulée en deux séances plus courtes. Tout comme l'Exp. 2, la phase expérimentale comprenait un total de 936 essais, mais cette fois, répartis en quatre blocs de 234 essais, soit deux blocs par séances. Il y avait donc 18 essais par condition (chaque combinaison de type d'amorce et de familiarité, mis à part la condition neutre qui totalisait neuf essais pour chaque niveau de familiarité) pour chaque bloc expérimental. De plus, pour que les participants s'habituent à la tâche de la phase expérimentale, ils devaient faire un entraînement de 26 essais, soit deux essais par condition (sauf pour la condition neutre, où il y avait un essai pour chaque niveau de familiarité), avant de commencer les blocs expérimentaux et ce, à chaque séance. Lors de la seconde séance, cette pratique était aussi précédée de la présentation à l'écran des six objets familiers afin que les participants puissent les remémorer.

Résultats :

Les TR s'écartant de plus de 2.5 écart-types de la moyenne des participants pour chacune des conditions ont été exclus de la base de données et de l'analyse. L'exclusion d'un total de 381 essais pour l'expérience (2.69% des essais -- excluant les essais erronés) en fut le résultat. Le taux d'erreur moyen à travers les conditions est de 1.98% (268 essais au total). Puisque les résultats d'un des participants s'avéraient anormaux (TR moyen à plus de 2.5 écarts-types au-dessus de la moyenne de tous les participants (1105 ms) et 5.97% d'erreurs (presque 2 écarts-type au-dessus de la moyenne)), ses données ont été exclues de l'analyse. Enfin, la corrélation entre les TR et les

pourcentages d'erreurs était presque nulle ($r = 0.1$, *ns*), ce qui suggère une absence de compromis vitesse-précision de la part des participants.

Une ANOVA à mesures répétées avec comme facteurs, le type d'amorce (sept niveaux : neutre, pareille-2D, pareille-3D, pareille-3Dstéréo, différente-2D, différente-3D et différente-3Dstéréo) et la familiarité (deux niveaux : familier et non familier) a été calculée pour les TR. La Figure 13 présente les TR moyens pour chacune des conditions. Comme dans les expériences précédentes et pour les mêmes raisons, seuls les essais où les amorces et les cibles appartenaient à la même classe de familiarité ont servi à l'analyse. Les résultats de l'ANOVA ne démontrent aucun effet principal du type d'amorce ($F(6,84) = 1.46$, *ns.*) ou de la familiarité ($F(1,14) = 1.02$, *ns.*). Cependant, l'interaction type d'amorce par familiarité est significative ($F(6,84) = 4.57$, $p < 0,001$).

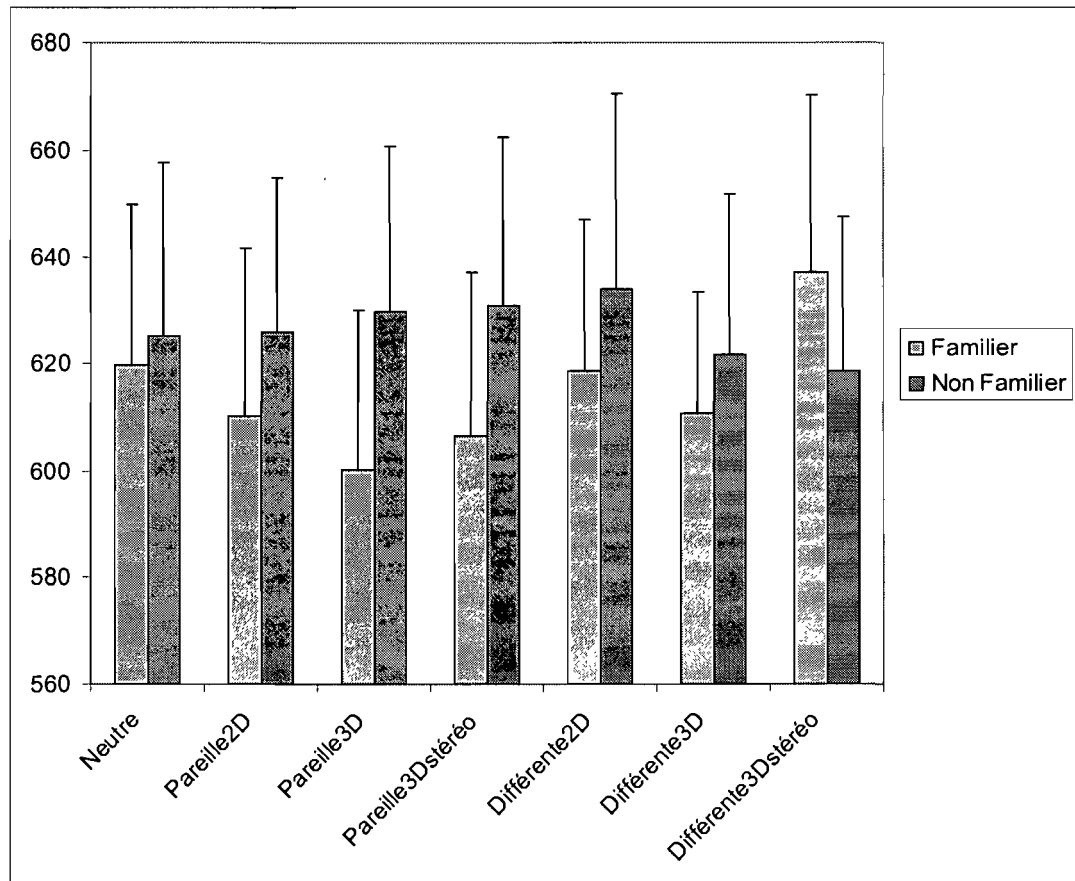


Figure 13. TR moyens pour chaque condition expérimentale de l'Exp.3.

Les effets simples de cette interaction ont été vérifiés séparément pour chaque niveau de familiarité. L'effet simple du type d'amorce lorsque la cible est familière est significatif ($F(6,84) = 4.11, p = 0.001$), tandis qu'il ne l'est pas lorsque la cible est non familière ($F(6,84) = 1.15, ns$). Des comparaisons planifiées ont été faites pour les cibles familières afin de vérifier à quel niveau du facteur type d'amorce les effets sont présents. Ceci a été réalisé en comparant les TR de chaque condition d'amorçage avec ceux obtenus dans la condition neutre. Les comparaisons entre la condition neutre (620 ms) et les conditions pareille-3D (600 ms) et pareille-3Dstéreo (607 ms) démontrent des différences significatives ($F(1,14) = 6.53, p < 0.05$ et $F(1,14) = 4.64, p < 0.05$,

respectivement). Les TR avec ces deux types d'amorce sont significativement plus courts que dans la condition neutre. Cependant, la comparaison entre neutre et pareille-2D (610 ms) indique qu'il n'y a pas de différence entre ces conditions ($F(1,14) = 2.68$, *ns*). De plus, la comparaison entre les conditions neutre et différente-3Dstéreo indique des TR significativement plus élevés pour la condition d'amorçage différente-3Dstéreo (637 ms) que la condition neutre ($F(1,14) = 5.12$, $p < 0.05$). Toutefois, les comparaisons entre neutre et différente-2D (619 ms) et différente-3D (611 ms) ne démontrent aucune différence significative dans les TR ($F(1,14) < 1$ pour les deux comparaisons).

Tout comme à l'expérience 1, un objectif central de l'expérience est de déterminer si l'ajout d'information de profondeur affecte les effets d'amorçage obtenus. Puisque des effets d'amorçage facilitateurs ont été identifiés pour les amorces « pareilles » 3D et 3Dstéreo avec les cibles familières, une analyse additionnelle a été effectuée pour déterminer si les performances entre ces conditions différaient. Les résultats démontrent une différence marginalement significative des TR entre ces deux types d'amorce ($F(1,14) = 3.93$, $p = 0.07$). La condition avec amorce pareille-3D (600 ms) donne lieu à des TR légèrement plus courts que celle avec amorce pareille-3Dstéreo (607 ms). De plus, comme pour l'expérience 1, une différence significative a été constatée au niveau des TR entre les amorces « pareilles » 2D et 3D ($F(1,14) = 5.09$, $p < 0.05$). Les TR étaient plus courts pour la condition d'amorçage avec amorce pareille-3D (600 ms) que celle avec amorce pareille-2D (610 ms).

Quant à l'analyse des taux d'erreurs, une ANOVA à mesures répétées avec les facteurs type d'amorce ($F(6,84) = 1.85$, *ns*) et familiarité ($F(1,14) = 2.34$, *ns*) n'a

démontré aucun effet principal significatif. L'interaction entre le type d'amorce et la familiarité était aussi non significatif ($F(6,84) < 1$). Le pourcentage d'erreurs moyen par condition est présenté à la Figure 14. Malgré l'absence d'effet significatif, il demeure possible de constater des tendances suggérant des effets d'amorçage lorsque les cibles sont familières. Spécifiquement, moins les amorces contiennent d'information de profondeur, plus les taux d'erreur ont tendance à être élevés. Il faut toutefois préciser que ces tendances ne sont pas significatives et probablement seul l'ajout de participants additionnels permettrait de résoudre l'ambiguïté de ces observations.

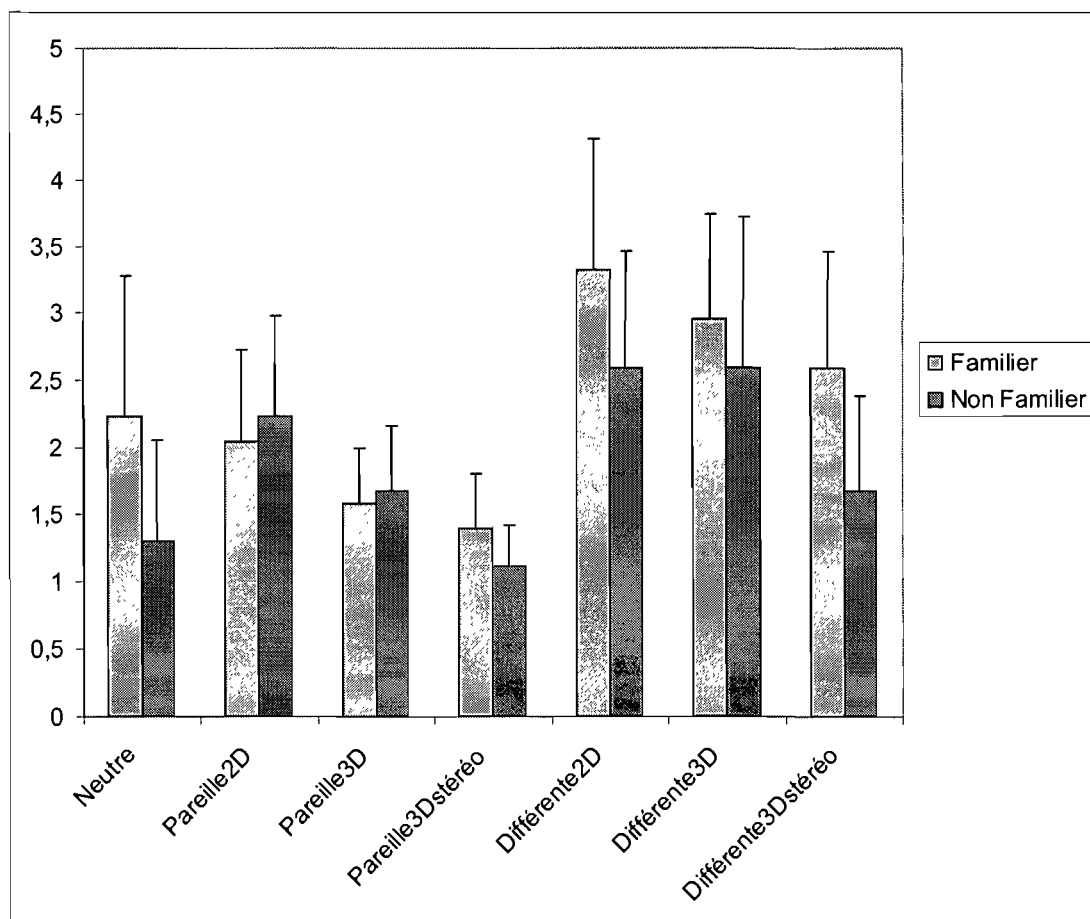


Figure 14. Taux d'erreurs moyen (en %) par condition pour l'Exp.3.

Discussion :

Comme dans les Exp.1 et 2, les effets obtenus sont exclusifs aux essais avec les cibles familières. L'explication de ce phénomène est la même que pour les expériences précédentes. De plus, les résultats démontrent que la richesse de l'information de profondeur a contribué aux effets d'amorçage, s'accordant ainsi avec les données d'Humphrey et Nicholson (2001), Koenderink et al. (1996) et Blais, Arguin et Marleau (soumis). Ainsi, comme pour l'Exp.1, l'amorce pareille-3D a engendré de plus grands effets facilitateurs que l'amorce pareille-2D. Ceci suggère que la différence de résultats entre les effets des amorces pareilles aux Exp. 1 ($2D < 3D$) et 2 ($2D = 3D = 3D\text{stéréo}$) pourrait être attribuable à la présence d'information stéréoscopique sur la cible (présente seulement à l'Exp. 2) plutôt qu'à l'utilisation de lunettes stéréoscopiques et/ou à la présentation des stimuli sur un fond gris (commune aux Exp. 2 et 3). Les résultats de l'Exp. 3 avec les amorces « pareilles » suggèrent également la possibilité que l'effet facilitateur des amorces pareilles soit maximisé par la correspondance de format entre l'amorce et la cible. Dans le cas présent, la cible est en 3D mais n'offre aucune information stéréoscopique et les amorces offrant l'effet facilitateur le plus marqué sont les amorces pareille-3D malgré le fait que les amorces pareille-3Dstéréo offrent une information plus riche sur la structure tridimensionnelle de la cible. Enfin, il est également possible que l'avantage pour les amorces pareille-3D relativement aux amorces pareille-3Dstéréo s'explique par la présence d'information stéréoscopique sur ces dernières. En effet, il semble probable que la présence de disparité binoculaire exige un certain temps de traitement pour intégrer les images et provoquer l'effet de stéréoscopie, désavantageant ainsi les amorces 3Dstéréo. L'expérience qui suit

cherchera à clarifier la part relative de ces différents mécanismes dans l'explication des effets d'amorçage documentés ici.

Quant aux résultats obtenus aux conditions où l'amorce est différente, un effet d'amorçage n'a été observé seulement lorsque la richesse de l'information de profondeur était maximale, soit avec les amorces différentes-3Dstéreo. Ceci indique que la quantité d'information de profondeur est le facteur en jeu dans les effets inhibiteurs obtenus plutôt que la correspondance des propriétés physiques de l'amorce et de la cible. Ceci suggère des stratégies ou processus différents lorsque les amorces sont pareilles ou différentes. Dans le cas des amorces pareilles, les effets facilitateurs augmentent avec l'ajout d'information monoculaire de profondeur (2D vs 3D) si la cible n'est pas stéréoscopique (Exp. 1 et 3) alors que la richesse de l'information de profondeur ne semble avoir aucun impact avec les cibles stéréoscopiques (Exp. 2). Au contraire, pour les amorces différentes, l'unique effet inhibiteur relève systématiquement du type d'amorce possédant le plus d'information de profondeur, peu importe que la cible soit présentée avec disparité binoculaire ou non.

Autant pour les amorces pareilles que différentes, le rôle de l'information de profondeur est incontestable. En effet, l'absence de contribution de cette information aurait mené à des résultats équivalents entre les différents types d'amorce, contrairement à ce qui est observé ici. Les résultats obtenus à l'Exp.3 sont donc congruents avec ceux de Humphrey et Nicholson (2001), Koenderink et al. (1996) et Blais, Arguin et Marleau (soumis) et rejettent l'hypothèse selon laquelle seulement

l'information bidimensionnelle est utilisée dans la représentation des objets, tel que stipulé par les théories structurale et de l'image.

Expérience 4

La présente expérience tentera de clarifier l'interprétation relativement aux effets liés à l'utilisation d'amorces et/ou cibles comportant une information stéréoscopique. En effet, tel que discuté précédemment, les résultats des Exp. 1-3 suggèrent la possibilité que la présence d'information stéréoscopique sur la cible interfère avec la différenciation des effets d'amorçage selon la richesse de l'information de profondeur qu'offrent les amorces pareilles. Par ailleurs, la discussion des résultats obtenus à l'Exp. 3 suggère également la possibilité d'un ralentissement du traitement des amorces comprenant une information stéréoscopique qui puisse entraîner une réduction de leur capacité à produire des effets d'amorçage facilitateur. Les résultats de l'Exp. 3 suggèrent également la possibilité que les amorces dont le format correspond exactement à celui de la cible se trouvent avantagées dans leur capacité à produire des effets d'amorçage facilitateur.

L'Exp. 4 cherchera à évaluer ces hypothèses par l'utilisation d'information stéréoscopique dans chacune des conditions d'amorçage et l'utilisation d'une cible dont le format correspond exactement à celui utilisé pour les amorces 3D. Ainsi, la disparité binoculaire sera omniprésente dans chacune des conditions de l'Exp. 4. Dans le cas des amorces neutres, 2D et 3D de même que pour la cible, la stéréoscopie n'ajoutera aucune information quant à la structure tridimensionnelle des stimuli. En effet, la disparité

binoculaire sera uniforme à travers toute la surface du stimulus – i.e. disparité croisée de 0.15 degrés d'angle visuel. L'effet obtenu donnera l'impression au participant qu'une surface plane (i.e. l'objet) sort de l'écran d'ordinateur (Figure 15). La seule stimulation présentant une information stéréoscopique signalant effectivement la structure 3D des stimuli présentés sera donc avec les amorces 3Dstéreo.

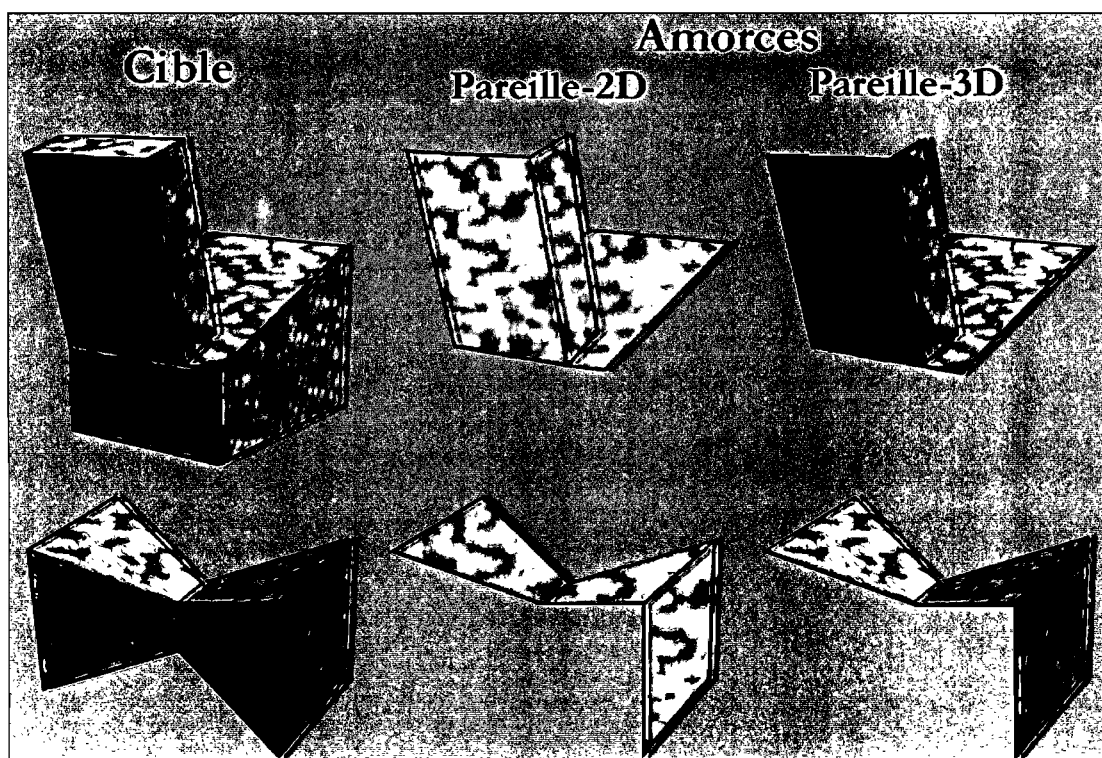


Figure 15. Exemples de cible et d'amorces avec ajout de stéréoscopie donnant uniquement l'impression d'une surface plane flottant devant l'écran.

Cette procédure exigera donc un traitement équivalent de la disparité binoculaire pour tous les types d'amorce et pour la cible. De cette manière, aucune différence dans les effets d'amorçage à travers les conditions ne pourra être attribuable à une différence dans le temps requis pour le traitement de l'information stéréoscopique. Par ailleurs, advenant une différenciation des effets des amorces paires selon la richesse de

l'information de profondeur qu'elles offrent (i.e. effet des amorces 2D plus faible que dans les autres conditions), il deviendrait possible de rejeter l'hypothèse que la présence d'information stéréoscopique sur la cible interfère avec une contribution de l'information de profondeur sur les effets d'amorçage facilitateurs. Enfin, si les résultats de l'Exp. 4 démontraient un effet d'amorçage facilitateur plus grand avec les amorces pareilles-3D qu'avec les amorces pareilles-3Dstéreo, ceci indiquerait un avantage lorsque l'amorce partage exactement les mêmes informations de profondeur que la cible.

Participants :

16 volontaires neurologiquement intacts (3 hommes et 13 femmes), âgés entre 20 et 45 ans, ont participé à l'expérience. Les participants avaient tous une vision normale ou corrigée et étaient naïfs quant aux objectifs de l'expérience.

Matériel :

Le même matériel que dans les Exp. 2 et 3 a servi pour cette étude.

Stimuli :

Les amorces et les cibles sont exactement les mêmes que celles utilisées à l'Exp. 3, à l'exception de l'ajout de disparité binoculaire pour les amorces neutre, 2D et 3D, ainsi que les cibles. La disparité binoculaire est omniprésente afin que toutes les conditions fassent appel au traitement supplémentaire supposé être requis avec des stimuli stéréoscopiques. Cependant, cet ajout ne permet pas d'obtenir une information supplémentaire de profondeur, contrairement à la condition d'amorçage 3Dstéreo. En effet, la disparité binoculaire ajoutée aux amorces neutre, 2D et 3D et aux cibles est

uniforme à travers toute l'étendue du stimulus. Spécifiquement, les images projetées à chacun des yeux sont identiques, hormis pour un décalage horizontal de 0.15 degrés d'angle visuel entre les deux images. Le résultat donne une impression de rapprochement de l'objet, sans toutefois ajouter une information sur sa structure tridimensionnelle.

Procédure :

L'expérience implique le même plan expérimental que les Exp. 2 et 3, soit un plan à mesures répétées 2 x 7 ayant comme facteurs la familiarité (deux niveaux : familier et non familier) et le type d'amorce (sept niveaux : neutre, pareille-2D, pareille-3D, pareille-3Dstéréo, différente-2D, différente-3D et différente-3Dstéréo).

La procédure était identique à l'Exp. 3, à l'exception qu'aucune période d'habituation à la stéréoscopie n'était nécessaire puisque toutes les amorces et cibles étaient présentées avec l'utilisation de disparité binoculaire. Tout comme à l'Exp. 3, la phase expérimentale comprenait un total de 936 essais, divisés en quatre blocs de 234 essais, soit deux blocs par séance. Il y avait donc 18 essais par condition (chaque combinaison de type d'amorce et de familiarité, mis à part la condition neutre qui totalisait neuf essais pour chaque niveau de familiarité) pour chaque bloc expérimental. De plus, pour que les participants s'habituent à la tâche de la phase expérimentale, ils devaient faire un entraînement de 26 essais, soit deux essais par condition (sauf pour la condition neutre, où il y avait un essai pour chaque niveau de familiarité), avant de commencer les blocs expérimentaux et ce, à chaque séance. Lors de la deuxième séance,

cette pratique était aussi précédée de la présentation à l'écran des six cibles familières afin que les participants puissent se les remémorer.

Résultats :

Les TR s'écartant de plus de 2.5 écart-types de la moyenne des participants pour chacune des conditions ont été exclus de la base de données et de l'analyse. Le résultat fut l'exclusion d'un total de 332 essais pour l'expérience (2.3% des essais -- excluant les essais erronés). Le taux d'erreur moyen à travers les conditions représente 2.19% du total des essais (323 essais au total). Puisque les résultats de deux des participants s'avéraient anormaux (plus de 2.5 écarts-types au-dessus de la moyenne du groupe au niveau des pourcentage d'erreur (7.99% d'erreurs) pour l'un d'entre eux et plus de 3 écarts-types au-dessus de la moyenne du groupe au niveau des TR (811 ms) pour l'autre), leurs données ont été exclues de l'analyse. Finalement, la corrélation entre les TR et les pourcentages d'erreurs était presque nulle ($r = -0.15$, *ns*), ce qui suggère une absence de compromis vitesse-précision de la part des participants.

Une ANOVA à mesures répétées avec comme facteurs, le type d'amorce (sept niveaux : neutre, pareille-2D, pareille-3D, pareille-3Dstéréo, différente-2D, différente-3D et différente-3Dstéréo) et la familiarité (deux niveaux : familier et non familier) a été calculée pour les TR. La Figure 16 présente les TR moyens pour chacune des conditions. Comme aux expériences précédentes, seuls les essais où les amorces et les cibles appartenaient à la même classe de familiarité ont servi à l'analyse. Les résultats de l'ANOVA démontrent un effet principal significatif du type d'amorce ($F(6,78) =$

3.08, $p < 0.05$) et un effet marginalement significatif de la familiarité ($F(1,13) = 3.67$, $p = 0.08$). De plus, l'interaction type d'amorce par familiarité est significative ($F(6,78) = 4.22$, $p < 0.001$).

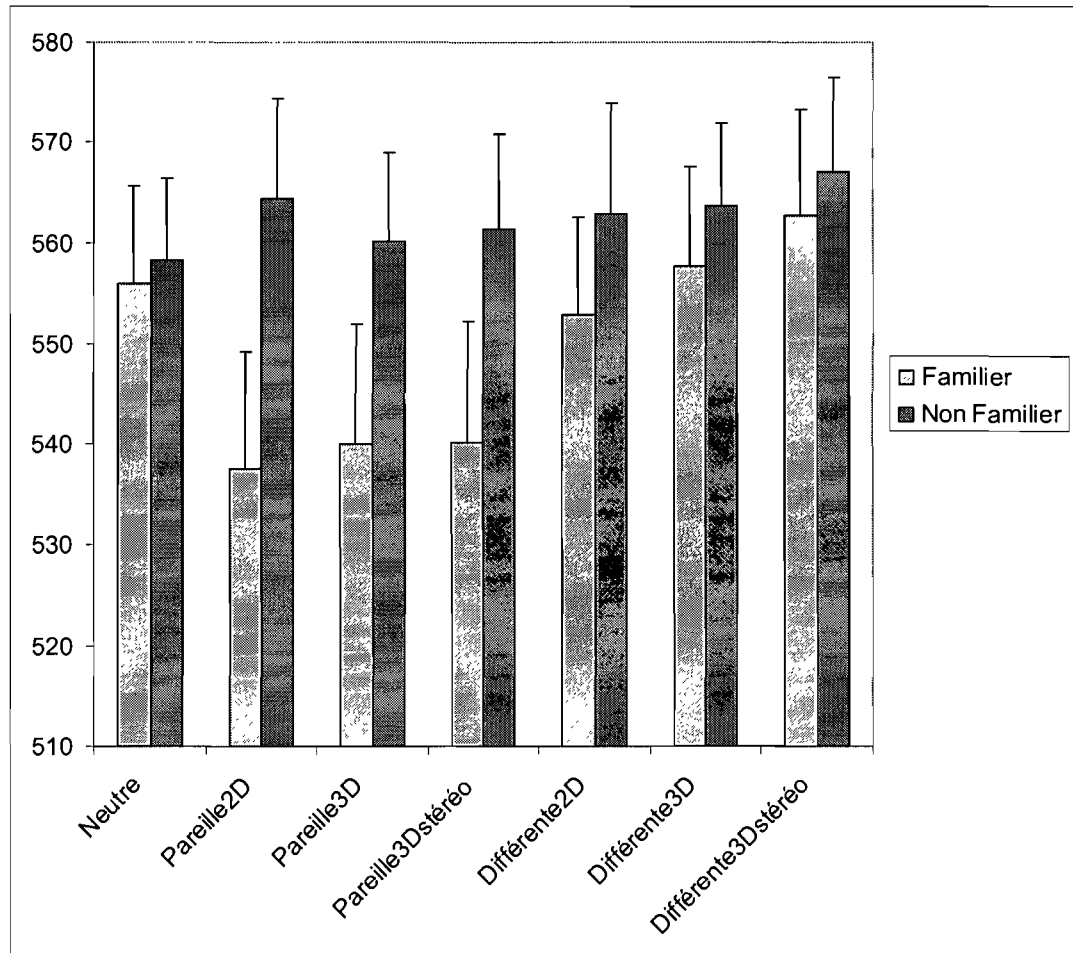


Figure 16. TR moyens pour chaque condition expérimentale de l'Exp.4.

Les effets simples de cette interaction ont été examinés séparément pour chaque niveau de familiarité. L'effet simple du type d'amorce lorsque la cible est familière est significatif ($F(6,78) = 4.17$, $p = 0.001$), tandis qu'il ne l'est pas lorsque la cible est non familière ($F(6,78) = 1.15$, ns). Des comparaisons planifiées ont été faites pour spécifier

la nature des effets d'amorçage pour les cibles familières. Ces comparaisons ont été réalisées de la même façon que pour les expériences précédentes. Les comparaisons neutre vs pareille-2D ($F(1,13) = 10.70, p < 0.05$), neutre vs pareille-3D ($F(1,13) = 6.25, p < 0.05$), et neutre vs pareille-3Dstéréo ($F(1,13) = 5.49, p < 0.05$) révèlent des différences significatives. Les TR obtenus avec les trois types d'amorce pareille sont significativement plus courts que pour la condition neutre. Toutefois, les comparaisons entre les conditions neutre et différente-2D ($F(1,13) < 1$), neutre et différente-3D ($F(1,13) < 1$) et neutre et différente-3Dstéréo ($F(1,13) = 1.85, ns$) ne démontrent aucune différence significative. Les TR obtenus pour les trois conditions d'amorçage différentes et la condition neutre sont très similaires.

Dans le cas des cibles familières précédées d'une amorce pareille, aucune différence n'est observée à travers les types d'amorce, qui présentent des TR presque identiques (pareille-2D = 537 ms; pareille-3D = 540 ms; pareille-3Dstéréo = 540 ms et $F(1,13) < 1$ pour chaque comparaison).

Quant à l'analyse des taux d'erreurs, une ANOVA à mesures répétées avec les facteurs type d'amorce ($F(6,78) = 1.89, ns$) et familiarité ($F(1,13) < 1$) n'a révélé aucun effet principal significatif. L'interaction entre le type d'amorce et la familiarité était aussi non significative ($F(6,84) < 1$). Les pourcentages d'erreurs moyens pour chaque condition sont présentés à la Figure 17.

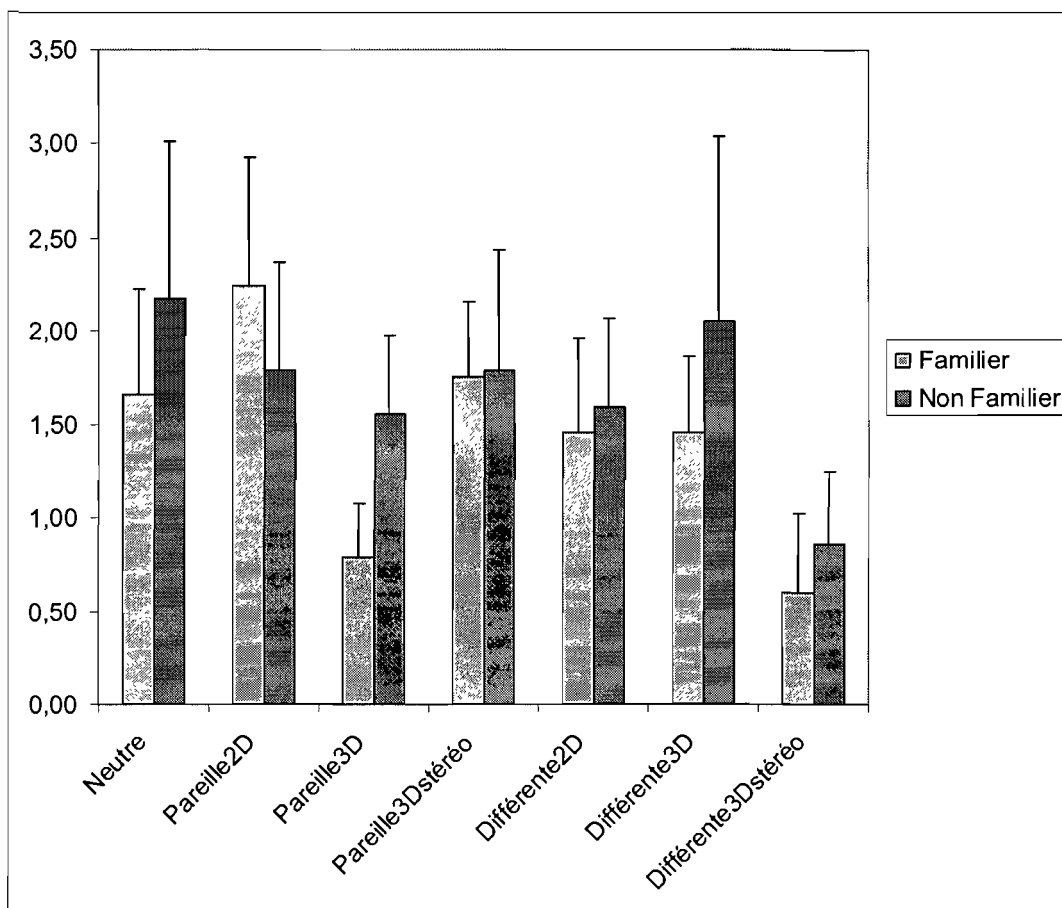


Figure 17. Taux d'erreurs moyen (en %) par condition pour l'Exp.4.

Discussion :

Les résultats de la présente expérience démontrent des effets facilitateurs uniquement lorsque les cibles sont familières tel qu'attendu sur la base des résultats des expériences précédentes. Cependant, contrairement à nos attentes, l'effet inhibiteur habituellement remarqué avec les cibles familières précédées du type d'amorce différente présentant le plus d'information de profondeur n'a pas été observé. Il demeure pertinent de souligner néanmoins que les TR les plus élevés lorsque la cible est précédée d'une amorce différente sont observés dans la condition 3Dstéreo, autant pour les cibles

familiales que non-familiales. Cette dernière observation suggère donc une congruence inter-expériences dans l'effet des amorces différentes, c'est-à-dire que ce sont celles offrant l'information de profondeur la plus riche qui entraînent les TR les plus longs, et donc les effets d'amorçage inhibiteurs les plus marqués.

Quant aux effets facilitateurs obtenus, ceux-ci répliquent exactement les résultats de l'Exp.2, c'est-à-dire qu'aucune différence n'a été observée à travers les différents types d'amorces paires. Selon le cadre d'interprétation présenté précédemment (section d'introduction de l'Exp. 4), un tel résultat suggère que l'information stéréoscopique présente sur la cible empêche une contribution de l'information de profondeur aux effets d'amorçage facilitateurs. Par ailleurs, les résultats de l'Exp. 4 permettent de rejeter l'hypothèse selon laquelle les effets d'amorçage facilitateurs seraient maximisés par l'identité du format des amorces avec la cible. Ainsi, les amorces 3D, dont le format était identique à celui des cibles, n'ont pas été favorisées relativement aux amorces paires-2D ou paires-3Dstéréo par cette identité.

Discussion Générale

L'objectif des expériences rapportées dans ce mémoire était de vérifier si l'information de profondeur contribue à la représentation de la forme visuelle des objets. Une réponse à cette question est fondamentale pour la détermination des mécanismes et processus impliqués dans la perception de la forme visuelle. Présentement, les théories dominantes (structurale et de l'image) supposent que cette information ne contribue pas à la perception de la forme. Par contre, certains chercheurs

(Nicholson & Humphrey, 2001, Koenderink et al., 1996 et Blais, Arguin & Marleau, soumis) ont obtenu des résultats suggérant l'utilisation de l'information de profondeur dans les processus de représentation visuelle des objets. Dans le présent mémoire, nous avons fait appel à une méthode permettant de déterminer directement s'il y a une implication de l'information de profondeur dans la représentation visuelle des objets. De plus, contrairement aux études précédentes qui s'intéressaient exclusivement aux indices monoculaires de profondeur, nous avons mis l'emphasis sur deux types d'information de profondeur, soit les indices monoculaires d'ombrage et de gradient de texture et l'indice binoculaire de stéréoscopie.

Le but de la présente étude était de préciser le rôle de l'information de profondeur en faisant appel à une tâche de reconnaissance utilisée dans le contexte d'un paradigme d'amorçage. Chaque expérience faisait usage de plusieurs types d'amorce, variant ainsi la quantité de l'information de profondeur offerte par les stimuli. La familiarité de la cible était l'autre variable indépendante utilisée. C'est en comparant les effets facilitateurs et inhibiteurs sur les TR et les pourcentages d'erreur qu'il a été possible d'évaluer l'importance de l'information de profondeur dans la représentation visuelle des objets.

Observations principales et interprétations

Les résultats des Exp. 1 et 3, obtenus avec des cibles monoculaires (i.e. sans stéréoscopie) démontrent une diminution des TR avec l'ajout d'information monoculaire de profondeur sur les amorces, c'est-à-dire l'effet facilitateur des amorces

pareilles-3D est plus grand qu'avec les amorces pareilles-2D. Ceci indique une facilitation de l'activation de la représentation cible avec l'augmentation de l'information monoculaire de profondeur. Sur la base de ces observations, il est possible de conclure que l'information monoculaire de profondeur contribue à la représentation de la forme visuelle. Ceci est congruent avec les résultats de Nicholson et Humphrey (2001), de Koenderink et al. (1996) et de Blais, Arguin et Marleau (soumis) décrites précédemment. De telles observations sont incompatibles avec la formulation actuelle des théories structurales et de l'image qui suggèrent que la perception de la forme ne fait aucun appel à l'information de profondeur.

Contrairement à ce qui est obtenu aux Exp. 1 et 3, lorsque la cible est présentée avec stéréoscopie (Exp. 2: les disparités binoculaires étaient compatibles avec la structure tridimensionnelle réelle de l'objet ; Exp.4: l'information stéréoscopique suggérait une surface plane flottant devant l'écran), les résultats avec les amorces pareilles suggèrent un traitement qui repose exclusivement sur l'information 2D et une ignorance complète de l'information de profondeur. Ces résultats vont à l'encontre d'une étude de Burke (2005) qui a démontré que l'ajout d'information stéréoscopique réduit l'effet de rotation en profondeur dans une tâche d'appariement séquentiel. Cependant, tel que proposé plus haut, les présents résultats semblent attribuable à une interférence causée par le traitement de l'information stéréoscopique. L'interférence pourrait être causée par une mauvaise calibration des lunettes anaglyphiques, soit que l'intensité lumineuse que chacun des verres laisse passer ne serait pas appariée. Ceci est susceptible d'introduire un décalage temporel dans le traitement de l'information reçue par chaque œil (e.g. l'illusion de Pulfrich serait basée sur ce phénomène) et pourrait

ainsi nuire à l'intégration binoculaire rapide. Cependant, la raison de cette interférence demeure pour l'instant inconnue. Toutefois, une étude pilote répliquant les conditions de l'Exp. 2 et faisant appel à l'enregistrement de données ERP semblait moins sensible à l'interférence provoquée par le traitement de la stéréoscopie. Dans le cadre de cette étude pilote, nous avons constaté, en analysant les données d'un seul participant, une réduction graduelle de la composante N400 (Rolke et al., 2001, Eddy, Schmid et Holcomb, 2006) avec l'ajout d'information de profondeur. Ceci inclut la condition d'amorçage pareille-3Dstéreo, qui donne lieu à une N400 plus faible que la condition d'amorçage pareille-3D. De plus, il est intéressant d'ajouter que l'analyse des données comportementales du participant de cette étude pilote ne permettait d'observer aucun effet d'amorçage, tel que constaté ici aux Exp. 2 et 4. Ces données ERP ne reposant que sur un seul participant, ceux-ci imposent une réserve quant aux interprétations qu'on peut en tirer. Néanmoins, les résultats de cette étude sont congruents avec l'hypothèse que la présence de stéréoscopie sur la cible interférerait avec les effets du type d'amorce et ainsi entraînerait une insensibilité des données comportementales à l'information de profondeur avec les amorces pareilles. Il serait donc intéressant de poursuivre l'expérimentation afin de vérifier si ce patron de résultats est maintenu après l'expérimentation auprès de plusieurs participants.

Les résultats des Exp. 1, 2 et 3 avec amorces différentes et cibles familières, appuient elles aussi l'hypothèse d'une contribution de l'information de profondeur. Ainsi, des effets inhibiteurs sur les TR sont observés exclusivement avec les amorces comportant le plus d'information de profondeur et ce, indépendamment du type de cible utilisée. Puisque le type de cible utilisé ne possède pas toujours exactement les mêmes

informations de profondeur que l'amorce provoquant l'effet inhibiteur, nous pouvons rejeter l'hypothèse que ce soit l'exactitude de la correspondance entre la cible et l'amorce qui est responsable des effets obtenus. Ces résultats suggèrent donc que l'information de profondeur est prise en compte dans la représentation de la forme visuelle, tel que démontré par Nicholson et Humphrey (2001), Koenderink et al. (1996) et Blais et al. (soumis).

Il importe de mentionner que les résultats de l'Exp.4 avec les amorces différentes sont légèrement différents de ceux obtenus aux expériences précédentes et méritent d'être abordés séparément. Bien que le même patron de résultat soit obtenu avec les amorces différentes, soit que le type d'amorce possédant le plus d'information de profondeur est celui donnant lieu aux TR les plus élevés, l'effet d'amorçage inhibiteur n'est pas significatif. De plus, contrairement aux autres expériences, un effet inhibiteur significatif a été obtenu avec les cibles non familières. Cet effet a été obtenu avec le type d'amorce contenant le plus d'information de profondeur, ce qui est congruent avec le patron de résultat obtenu avec les cibles familières. Nous aborderons plus bas quelques explications possibles de ces résultats.

Asymétrie des effets d'amorçage facilitateurs et inhibiteurs

La différence de sensibilité des résultats avec amorces pareilles vs différentes à l'information de profondeur disponible suggère la possibilité de stratégies ou processus différents. Avec les amorces pareilles, il semble y avoir une sensibilité selon que la cible est présentée avec disparité binoculaire ou non. Par contre, avec les amorces différentes,

seules celles possédant le plus d'information de profondeur ont un effet sur les performances. L'asymétrie des effets facilitateurs et inhibiteurs peut être interprétée en termes de la manière dont l'amorce agit pour exclure des cibles alternatives (effet inhibiteur produit par des amorces différentes) ou pour activer la représentation de la cible qui est maintenue en mémoire (effet facilitateur produit par des amorces pareilles). Dans le cas présent, il semble que l'information de profondeur contribue systématiquement (toutes les expériences sauf l'Exp. 4) à l'exclusion du processus de reconnaissance des objets qui ne correspondent pas à l'amorce. Par contre, la capacité de l'information de profondeur à engager le système de reconnaissance sur l'objet correspondant à l'amorce (dans le cas des amorces pareilles) est mitigée. Lorsque la cible comporte une information stéréoscopique, aucune information de profondeur ne semble jouer ce rôle (pour les raisons mentionnées plus haut). Toutefois, l'absence de stéréoscopie sur la cible favorise une contribution de l'information monoculaire de profondeur à cet égard.

Cibles familières et non familières

Un autre patron de résultats robuste qui est obtenu dans toutes les expériences est lié à la familiarité de la cible. En effet, tous les effets d'amorçage significatifs observés à travers les quatre expériences rapportées ici se sont produits avec les cibles familières alors que les cibles non familières n'ont produit aucun effet d'amorçage. Une explication possible de ce phénomène tient à la taille relativement faible de l'échantillon de cibles utilisé dans nos expériences. En effet, une étude rapportée par Kiesel et al. (2006) démontre des effets d'amorçage seulement pour des amorces non familières

lorsque le nombre de cibles possibles était grand (40 cibles). Par contre, lorsque ce nombre était faible (4 cibles), aucun effet d'amorçage n'a été observé avec les amorces non familières. Ceci suggère la possibilité que l'utilisation d'un plus grand nombre de cibles dans les expériences rapportées ici aurait pu entraîner des effets d'amorçage significatifs à la fois avec les cibles familières et non familières.

Une autre explication plus générale et englobant l'ensemble de nos résultats est offerte par le modèle du code distribué de McClelland et Rumelhart (1985), que nous avons brièvement abordé plus haut. Ce modèle suggère que le système de traitement est constitué d'une collection d'unités de traitement simples, interconnectées entre elles. Des valeurs d'activation sont accordées à ces unités et elles communiquent entre elles en envoyant des signaux modulés par un poids associé aux connections existantes entre ces unités. L'exposition aux stimuli laisse des traces encodées en mémoire sous la forme de modifications du poids des connections entre les unités de traitement. Ainsi, chaque nouvelle exposition à un stimulus renforce la trace mnésique à travers l'ajustement du poids d'un ensemble de connections.

Ceci pourrait expliquer pourquoi, dans nos expériences, ce sont les objets familiers qui produisent des effets d'amorçage significatifs. Les traces laissées en mémoire par la présentation préalable des objets familiers ainsi que l'exécution de la phase d'apprentissage aurait renforcé suffisamment les connections impliquées pour permettre l'apparition d'effet d'amorçage. Au contraire, puisque les objets non familiers n'ont pas été vus préalablement à la phase expérimentale, le poids des connections n'était pas assez fort pour donner lieu à des effets d'amorçage. De plus, nos amorces

n'étaient pas des reproductions complètes des cibles, ce qui a sans doute causé des effets d'amorçage plus faibles que si les amorces avaient été des objets complets. Il est probable que ceci ait également contribué à réduire les effets d'amorçage avec les cibles non familières. Bref, le fait qu'il n'y a eu aucune exposition pré-expérimentale des cibles non familières et que les amorces étaient des reproductions partielles des cibles, pourrait expliquer l'absence d'effets d'amorçage avec les cibles non familières.

Informations de profondeur et perception de la forme

En général, les résultats obtenus aux présentes expériences permettent de conclure en l'importance de l'information de profondeur dans la représentation de la forme visuelle des objets. Ceci est en accord avec les résultats de Humphrey et Nicholson (2001), qui avaient démontré un effet de rotation en profondeur réduit lorsque l'information de surface est riche (i.e. couleur et texture) relativement aux conditions où cette information est appauvrie (i.e. contours seulement ou niveaux de gris).

Les présents résultats appuient également ceux obtenus par Koenderink et al. (1996), qui avaient démontré indirectement l'importance de l'ombrage dans la détermination du relief pictural. Dans notre cas, nous avons obtenu des effets d'amorçage plus grands lorsqu'il y avait présence d'ombrage et de gradient de texture dans l'amorce (amorce 3D) qu'en l'absence de ces indices. Il serait aussi intéressant, dans une étude future, de vérifier si un effet d'amorçage est obtenu en altérant seulement l'information d'ombrage plutôt que l'ombrage et le gradient de texture. De

cette façon, nous pourrions déterminer l'importance relative et l'interaction entre ces indices. Une expérience de Koenderink et al. (1993) a démontré que l'ombrage perdait beaucoup de son effet sur la perception visuelle de la forme s'il est le seul indice présent. L'expérience proposée permettrait de vérifier ces observations. Si les résultats de Koenderink et al. sont valables, les effets d'amorçage devraient être grandement réduits en l'absence du gradient de texture.

Les résultats de notre étude offrent aussi un appui supplémentaire aux données de Blais, Arguin et Marleau (soumis). Ces derniers avaient observé, dans le contexte d'expériences utilisant la tâche de recherche visuelle, des résultats différents selon que les formes 3D étaient riches ou non en information de profondeur. En effet, lorsque les stimuli 3D étaient riches en information de profondeur, les résultats démontrent une invariance des effets de conjonction et de non séparabilité linéaire à la rotation en profondeur. Par contre, lorsque les mêmes stimuli possédaient peu d'information de profondeur, les résultats suggéraient plutôt une représentation de la forme qui est spécifique à l'orientation.

Bien que l'information de profondeur soit importante dans la représentation visuelle des objets, il n'en demeure pas moins évident que les contours jouent aussi un rôle significatif. En effet, il nous est habituellement assez facile de reconnaître la forme d'un objet représenté graphiquement seulement par ses contours. De manière congruente, dans les présentes expériences, des effets d'amorçage significatifs ont aussi été observés avec les amorces 2D (Exp. 1, 2, et 4). Il est donc légitime que les théories structurale et de l'image basent leurs modèles sur l'importance et la nécessité des

contours. Les observations rapportées ici indiquent cependant que les théories de la perception de la forme doivent également prévoir une implication de l'information de profondeur. Ceci n'est présentement pas le cas pour les théories structurale et de l'image, mais elles devront malgré cela accorder une importance particulière à l'implication de l'information de profondeur dans les processus de représentation visuelle des objets.

En ce qui concerne l'information binoculaire de profondeur, les résultats de la présente étude sont quelque peu ambigus. D'une part, les résultats avec les amorces différentes révèlent une sensibilité à l'information stéréoscopique. Par contre, les résultats avec les amorces pareilles ne démontrent aucun avantage de la présence d'information stéréoscopique. De plus, la présence d'information stéréoscopique sur la cible (Exp. 2 et 4) semble interférer avec une contribution de l'information de profondeur disponible sur les amorces. Les résultats d'une étude ERP pilote menée dans notre laboratoire et cité précédemment suggère une résolution de cette ambiguïté quant à l'effet de l'information stéréoscopique sur la perception de la forme. En effet, ces observations indiquent une diminution graduelle de l'amplitude de la composante N400 avec l'ajout d'information de profondeur (incluant la stéréoscopie).

En plus de poursuivre cette expérience, il serait intéressant de vérifier si la stéréoscopie a elle-même un impact sur certaines composantes ERP. Cet intérêt est soulevé par les données d'une étude pilote. Celles-ci suggèrent en effet que les composantes ERP précoces sont affectées par la stéréoscopie. Ainsi, la courbe des composantes N1 et N2 était notablement plus large en présence d'information

stéréoscopique que si cette dernière était absente du stimulus. Au moins deux possibilités sont envisagées pour expliquer ces résultats. La première est que les composantes N1/N2 sont plus larges à cause d'une forte variabilité du temps de traitement de la stéréoscopie. Un tel phénomène pourrait lui aussi expliquer l'absence d'effet du type d'amorce pareilles aux Exp. 2 et 4. Une autre explication possible de l'apparition de composantes N1/N2 beaucoup plus étendues en présence d'information stéréoscopique serait la possibilité d'une plus grande sensibilité de la composante N2 à ce type d'information. Il serait donc intéressant et pertinent de vérifier si ces effets demeurent suite à l'expérimentation de plusieurs participants, car le maintien de ces effets signifieraient selon la première explication que l'hypothèse de l'interférence de la stéréoscopie est plausible et selon la deuxième explication, qu'il y a bel et bien des processus sensibles à la stéréoscopie.

Une autre expérience envisageable pouvant possiblement permettre l'obtention d'effets du type d'amorce malgré l'ajout de la stéréoscopie serait de présenter les amorces et les cibles sous différents points de vue. Comme il a été mentionné précédemment, Bennett et Vuong (2006) n'ont démontré aucun bénéfice de l'ajout d'information stéréoscopique dans des tâches d'appariement séquentiel et d'identification lorsque les objets sont présentés sous le même point de vue. Par contre, des effets facilitateurs de la stéréoscopie ont été obtenus lorsque les objets étaient présentés sous des points de vue différents. Il est donc possible qu'en présentant les amorces et cibles sous différents points de vue, des effets significatifs du type d'amorce pourraient être observés.

Il est aussi possible que la difficulté rencontrée avec les objets en stéréoscopie origine du fait que la disparité binoculaire demande plus de temps à être traitée et que la durée de présentation des amorces était insuffisante. Une expérience utilisant différentes durées de présentation de l'amorce (notamment, plus élevées que la durée de 250 ms utilisée ici) permettrait de vérifier si les résultats ambigus obtenus ici avec les amorces stéréoscopiques peuvent s'expliquer par la sélection d'un temps de présentation des amorces qui était trop court.

Conclusion

En résumé, la présente étude apporte des résultats suggérant clairement une contribution de l'information monoculaire de profondeur dans la perception des formes. De plus, les résultats aux essais différents suggèrent aussi l'utilisation de l'information binoculaire de profondeur. Toutefois, l'absence d'effet du type d'amorce pareille lorsque les cibles étaient présentées en stéréoscopie complique le portrait quant au rôle de l'information stéréoscopique et de nouvelles expériences seront nécessaires pour clarifier ce point. Dans l'ensemble, les observations rapportées ici sont incompatibles avec les théories dominantes (i.e. structurales et basée sur l'image) qui rejettent l'importance de ce type d'information dans la perception de la forme visuelle.

RÉFÉRENCES :

- Arguin, M. & Saumier, D. (2000), Conjunction and linear non-separability effects in visual shape encoding, *Vision Research*, 40, 3099-3115.
- Bennett, D.J. & Vuong, Q.C. (2006), A stereo advantage in generalizing over changes in viewpoint on object recognition tasks, *Perception & Psychophysics*, 68(7), 1082-1093.
- Biederman, I. (1987), Recognition-by-components: A theory of human image understanding, *Psychological Review*, 94, 115-147.
- Biederman, I. & Gerhardstein, P.C. (1993), Recognizing depth-rotated objects: Evidence and conditions for three-dimensional viewpoint invariance, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 1162-1182.
- Blais, C., Arguin, M. & Marleau, I. (soumis), Visual shape representations are orientation invariant, *Journal of Vision*.
- Burke, D. (2005), Combining disparate views of objects: Viewpoint costs are reduced by stereopsis, *Visual Cognition*, 12, 705-719.
- Eddy, M., Schmid, A. & Holcomb, P.J. (2006), Masked repetition priming and event-related brain potentials: A new approach for tracking the time-course of object perception, *Psychophysiology*, 43, 564-568.
- Edelman, S., Bülthoff, H.H. & Weinshall, D. (1989), Stimulus familiarity determines recognition strategy for novel 3D objects, (Artificial Intelligence Laboratory Technical Report No. 1138), Cambridge, MA: MIT Press.
- Edelman, S. & Weinshall, D. (1991), A self-organizing multiple-view representation of 3D objects, *Biological Cybernetics*, 64, 209-219.
- Erens, R.G.F., Kappers, A.M.L. & Koenderink, J.J. (1993), Perception of local shape from shading, *Perception & Psychophysics*, 54, 145-156.
- Hoffman, D.D. & Richards, W.A. (1984), Parts of recognition, *Cognition*, 18, 65-96.
- Kiesel, A., Kunde, W., Pohl, C., Hoffmann, J. (2006), Priming from novel masked stimuli depends on target set size, *Advances in Cognitive Psychology*, 2, 37-45.
- Koenderink, J.J., van Doorn, A.J. (1995), Relief: pictorial and otherwise, *Image and Vision Computing*, 13, 321-334.
- Koenderink, J.J., van Doorn, A.J., Kappers, A.M.L (1992), Surface perception in pictures, *Perception & Psychophysics*, 32, 487-496.

- Koenderink, J.J., van Doorn, A.J., Christou, C. & Lappin, J.S. (1996), Perturbation study of shading in pictures, *Perception*, 25, 1009-1026.
- Koenderink, J.J., van Doorn, A.J., Christou, C. & Lappin, J.S. (1996), Shape constancy in pictorial relief, *Perception*, 25, 155-164.
- Lee, Y.-L. & Park, R.-H. (2002), A surface-based approach to 3-D object recognition using a mean field annealing neural network, *Pattern Recognition*, 35, 299-316.
- Leek, E.C., Reppa, I. & Arguin, M. (2005), The structure of tree-dimensional object representations in human vision: Evidence from whole-part matching, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 668-684.
- Leek, E.C., Reppa, I., Rodriguez, E. & Arguin, M. (sous presse), Surface versus volumetric structure in the representation of 3-D object shape, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- Marr, D. (1982), *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*, San Francisco : Freeman.
- Marr, D. & Nishihara, H.K. (1978), Representation and recognition of the spatial organization of three-dimensional shapes, *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 200, 269-294.
- McClelland, J.L. & Rumelhart, D.E. (1985), Distributed Memory and the Representation of General and Specific Information, *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 159-188.
- Nicholson, K.G. & Humphrey, G.K. (2001), Surface cues reduce the latency to name rotated images of objects, *Perception*, 30, 1057-1081.
- Pentland, A. (1989), Shape information from shading: A theory about human perception, *Spatial Vision*, 4, 165-182.
- Poggio, T. & Edelman, S. (1990), A network that learns to recognize three-dimensional objects, *Nature*, 343, 263-266.
- Rolke, B., Heil, M., Streb, J. & Hennighausen, E. (2001), Missed prime words within the attentional blink evoke an N400 semantic priming effect, *Psychophysiology*, 38, 165-174.
- Saumier, D. & Arguin, M. (2003), Distinct mechanisms account for the linear non separability and conjunction effects in visual shape encoding, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56, 1373-1388.
- Tarr, M.J. & Bülthoff, H.H. (1998), Image-based object recognition in man, monkey and machine, *Cognition*, 67, 1-20.

Tarr, M.J. & Pinker, S. (1989), Mental rotation and orientation-dependence in shape recognition, *Cognitive Psychology*, 21, 233-282.

Tarr, M.J., Williams, P., Hayward, W.G. & Gauthier, I. (1998), Three-dimensional object recognition is viewpoint-dependent, *Nature Neuroscience*, 1, 275-277.

Ullman, S. (1989), Aligning pictorial descriptions: An approach to object recognition, *Cognition*, 32, 193-254.

Wiggs, C.L. & Martin, A. (1998), Properties and mechanisms of perceptual priming, *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 227-233.